10TH INTERNATIONAL CONFERENCE

«X UKRAINIAN-POLISH SCIENTIFIC DIALOGUES»

11-15 June 2024

ACTUAL PROBLEMS OF MODERN SCIENCE

Khmelnitsky | Bydgoszcz

ORGANIZERS

Khmelnytsky National University

Kazimierz Wielki University

www.dialogi2024.ukw.edu.pl

ISBN 978-83-938655-7-4

ACTUAL PROBLEMS OF MODERN SCIENCE 2024

Edited by

Matiukh Serhii
Khmelnitskiy National University, Ukraine

Musial Janusz
Kazimierz Wielki University, Poland

Polishchuk Oleh
Khmelnitskiy National University, Ukraine

Macko Marek
Kazimierz Wielki University, Poland

Actual problems of modern science. Monograph: edited by Matiukh S., Musial J., Polishchuk O., Macko M. – Bydgoszcz: Kazimierz Wielki University, 2024. – 1078 p.

REVIEWERS:
Bojar P. (Poland), **Bonek M.** (Poland), **Bromberek F.** (Poland), **Buratowski T.** (Poland), **Cieszko M.** (Poland), **Drobot O.** (Ukraine), **Giergiel M.** (Poland), **Górecka E.** (Poland), **Goroshko A.** (Ukraine), **Grygoruk S**. (Ukraine), **Guzek M.** (Poland), **Jóźwiak J.** (Poland), **Kałaczynski T.** (Poland), **Kazimierska-Drobny K.** (Poland), **Kharzhevka O.** (Ukraine), **Kosiyuk M.** (Ukraine), **Kovalyov Y.** (Ukraine), **Kravchuk O.** (Ukraine), **Krasniuk L.** (Ukraine), **Krotofil M.** (Poland), **Kunicka-Kowalska Z.** (Poland), **Ligaj B.** (Poland), **Łazarska M.** (Poland), **Lukianiuk M**. (Ukraine), **Martyniuk A.** (Ukraine), **Martyniuk V.** (Ukraine), **Mazurkiewicz A.** (Poland), **Medvedchuk N.** (Ukraine), **Mytsa V.** (Ukraine), **Neymak V.** (Ukraine), **Ożóg J.** (Poland), **Paciorek-Sadowska J.** (Poland), **Pidhaichuk S.** (Ukraine), **Podlevska N.** (Ukraine), **Pogrebniak I.** (Ukraine), **Polański J.** (Poland), **Puts V.** (Ukraine), **Radek N.** (Poland), **Romanets T.** (Ukraine), **Romanishyna O.** (Ukraine), **Rubanka M.** (Ukraine), **Rybak R.** (Poland), **Smutko S.** (Ukraine), **Szala G.** (Poland), **Śniadkowski M.** (Poland), **Tański T.** (Poland), **Tkachuk V.** (Ukraine), **Tomaszuk A.** (Poland), **Trocikowski T.** (Poland), **Tymoshchuk O.** (Ukraine), **Volianyk O.** (Ukraine), **Wirwicki M.** (Poland), **Yavorska N.** (Ukraine), **Yevtushenko V**. (Ukraine).

ISBN: 978-83-938655-7-4

© **Copyright by Kazimierz Wielki University**,
ul. J.K. Chodkiewicza 30, 85-064, Bydgoszcz, Poland, https://www.ukw.edu.pl

Bydgoszcz - Khmelnytskyi, 2024r.

TABLE OF CONTENT

1. JAKOŚĆ I BEZPIECZEŃSTWO SUROWCÓW ZBOŻOWYCH WPROWADZONYCH DO OBROTU NA TERENIE POLSKI - *Ałtyn I., Kosicki R. Twarużek M., Grajewski J…10*
2. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПОШУКУ ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА У СЕРЕДОВИЩІ MATLAB/SIMULINK - *Андронова О., Курак В., Кручина А……..16*
3. MODEL OF SYSTEM "THE MACHINE – THE DISCRETE TECHNOLOGICAL ENVIRONMENT" - *Bahrii O., Dorofieiev O……..26*
4. MANAGEMENT OF INNOVATION POTENTIAL IN THE FUNCTIONING SYSTEM OF THE ENTERPRISE - *Berdychevskyi A……..32*
5. ANALYSIS OF FIRE PARAMETERS AND SMOKE EMISSION OF RIGID POLYURETHANE FOAMS MODIFIED WITH BIO-POLYOL CONTAINING SULFUR HETEROATOMS -*Borowicz M., Paciorek-Sadowska J., Isbrandt M……40*
6. LEARNING ENTREPRENEURSHIP THROUGH OWN MINI – COMPANY ACTIVITIES - *Borovyk D., Borovyk N., Horiashchenko S……..46*
7. AUTOMATIC SYSTEM FOR DETERMINING THE CUTTING HEIGHT OF SUGAR BEET ROOT FRUITS - *Borys M., Borys A., Kurskoy V., Baytalokha A., Radun A……55*
8. ANALYSIS OF METHODS SUGAR BEET HARVESTING - *Borys M., Martyniuk A., Medvedchuk N., Danyliuk O……59*
9. PERSPECTIVES AND PROBLEMS OF NANOSCALE ROBOT DEVELOPMENT - *Buratowski T., Giergiel M., Polishchuk A., Polishchuk O……65*
10. STRUCTURAL STATE OF THE MATERIAL AND INDICATORS OF ITS MICROPLASTICITY - *Bys S., Kunda O……69*
11. SYTUACJE EDUKACYJNE W PROGRAMOWANIU CZYNNIKIEM ROZWIJANIA AKTYWNOŚCI WŁASNEJ UCZNIÓW - *Celiński M., Śniadkowski M……74*
12. WYZNACZANIE GRANICZNYCH ROZKŁADÓW WYMIARÓW PORÓW W PRZEPUSZCZALNYCH MATERIAŁACH POROWATYCH NA PODSTAWIE DANYCH POROZYMETRII RTĘCIOWEJ - *Cieszko, M., Kempiński M., Czerwiński T.82*
13. PODSTAWY GEOMETRYCZNE PARAMETRU KRĘTOŚCI PORÓW PRZEPUSZCZALNYCH MATERIAŁÓW POROWATYCH - *Cieszko M., Szczepański Z……92*
14. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТРАНСКОРДОННОГО ТУРИЗМУ УКРАЇНА - ПОЛЬЩА В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ - *Цвігун Ю., Журба І. Павлюк Є., Скиба К……104*
15. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ - *Девтеров І. В., Зінич П. Л……...110*
16. PRZEGLĄD POŁĄCZEŃ MECHANICZNYCH ROZŁĄCZNYCH W PASACH NAPĘDOWYCH I TRANSPORTOWYCH - *Domeracki M., Domek G……115*
17. SIMULATION MODELING OF THE OPERATION OF AN INDUSTRIAL GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC POWER PLANT OF GROUND TYPE - *Don N., Pogrebniak I., Chepelyuk O., Varenyk K., Haiko O……130*

18. УДОСКОНАЛЕННЯ РЕЖИМІВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ - *Дробот О.С., Нестер А.А., Нікітін О.О. Підгайчук С.Я.. Яворська Н.М……140*

19. ОБЛАДНАННЯ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА СКЛАДУ ВОДИ ДЛЯ ТЕПЛОМЕРЕЖ - *Душенко О. С., Ткачук В. П……145*

20. SIMULATION OF SPATIAL MECHANISMS OF TECHNOLOGICAL MACHINES OF LIGHT INDUSTRY – *Dvorzhak V., Rubanka M., Polishchuk O., Zhlali Zh……150*

21. ANALYSIS OF TEMPERATURE DISTRIBUTION DEPENDING ON THE TYPE OF WELDING JOINT - *Dziwis A., Bonek M., Polishchuk O……162*

22. ФІНАНСОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД В УМОВАХ ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ - *Форкун І., Руденко В……167*

23. APPLICATION OF MICRO-CT TOMOGRAPHY IN EVALUATING THE INTERNAL GEOMETRY OF 3D PRINTED POLYMER PARTS - *Głowacki M., Mazurkiewicz A., Kałaczyński T., Augustyn P., Polishchuk O……181*

24. PRZEGLĄD WYBRANYCH BIOMATERIAŁÓW POCHODZENIA ZWIERZĘCEGO WYKORZYSTYWANYCH W MEDYCYNIE REGENERACYJNEJ - *Gniadek M., Urbaniak W……189*

25. TRANSFORMATION OF MANAGEMENT OF ENTREPRENEURIAL POTENTIAL UNDER THE CONDITIONS OF THE NEO-ECONOMY - *Gonchar O……201*

26. MODELING OF ECCENTRIC ROTOR DYNAMICS IN AN UNBALANCED MAGNETIC FIELD - *Goroshko A., Zembytska M……212*

27. MODA JAKO DIALOG W KULTURZE. O UKRAIŃSKICH PROJEKTACH I REAKCJI ZACHODNIEGO ŚWIATA MODY NA WYBUCH WOJNY W 2022 ROKU NA ŁAMACH „HARPER`S BAZAAR” - *Górecka E……220*

28. ČIARA I HRANICE – LITERACKIE I FILMOWE WIZERUNKI SŁOWACKO-UKRAIŃSKIEGO POGRANICZA - *Guzek M……231*

29. USE OF ROBOTIC SYSTEMS IN LIGHT INDUSTRY - *Harbar E., Polishchuk O., Matyukh S., Polishchuk A., Giergiel M……240*

30. ПЛЮСИ І МІНУСИ УРБАНІЗАЦІЇ У СУЧАСНОМУ СВІТІ - *Глущенко А.І……246*

31. MODELING OF THE ELASTOHYDRODYNAMIC CONTACT CONDITIONS OF A CAR WINDSHIELD WIPER - *Holenko K., Dykha O., Horbay O., Dykha M.1, Dytyniuk V……252*

32. DEVELOPMENT OF INNOVATIVE DIGITAL TECHNOLOGIES IN MANUFACTURING - *Horbatiuk Ye., Volianyk O……264*

33. MODELING THE MOVEMENT OF ROBOTS FOR APPLYING POLYMER COATINGS - *Horiashchenko S., Musial J., Synyuk O., Pasichnyk A……271*

34. COMPARATIVE ANALYSIS OF MATERIALS MOVEMENT MECHANISMS IN SEWING MACHINES - *Horobets V., Dvorzhak V., Korobchenko E……284*

35. СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ЦЕНТРА ВАГИ ТА КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛАДНОГО РУХОМОГО ОБ’ЄКТА - *Гороховський В. О., Гордєєв А. І……290*

36. ASSESSING THE STATE OF KHMELNYTSKYI REGION FOREIGN TRADE ACCORDING TO FOREIGN ECONOMIC ACTIVITY INDICES - *Hryhoruk P., Khrushch N., Grygoruk S*……*294*
37. EXTENDING THE LIFE CYCLE OF A BIODEGRADABLE POLYMER - SYNTHESIS OF POLYOL RAW MATERIALS - *Isbrandt M., Paciorek – Sadowska J., Borowicz M.304*
38. POTENCJAŁ KONCEPTUALIZACYJNY NAZW WŁASNYCH W DYSKURSIE MEDIALNYM - *Jóźwiak J., Kuligowska K*……*310*
39. WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWZUŻYCIOWE I EKSPLOATACYJNE POWŁOK DLC - *Kalinowski A., Radek N., Paraska O*……*315*
40. OCENA WPŁYWU RODZAJU I JAKOŚCI PODKŁADU NA WŁASNOŚCI POWŁOK LAKIERNICZYCH - *Kałaczynski T., Liss M., Łukasiewicz M., Mazurkiewicz A., Dykha A*……*321*
41. SENSOR-BASED GRIPPING OF INDUSTRIAL ROBOTS IN TEXTILE MANUFACTURING PROCESSES - *Karmalita A., Pundyk S., Bartkov M*……*333*
42. DESIGN OF PNEUMATIC DEVICES FOR ORIENTED MACHINING OF FLAT PARTS WITH SURFACE ASYMMETRY - *Karmalita A., Pundyk S., Dziavoruk O*….*337*
43. USING OF FREQUENCY DRIVE IN ELECTROHYDRAULIC PRESS EQUIPMENT OF LIGHT INDUSTRY - *Karmalita A., Sierhieiev V*……*342*
44. MODELING OF CONTROLLED RELEASE OF DRUGS - *Kazimierska-Drobny K., Małolepsza O., Wirwicki M., Olszewski I*……*347*
45. MOTIVATION ASPECTS OF TEACHER AND STUDENT INTERACTION IN THE PROCESS OF IMPLEMENTING A COMMUNICATIVE APPROACH TO MASTERING A FOREIGN LANGUAGE - *Kharzhevska O., Oleksandrenko K., Rudoman O*……*355*
46. THE SOLUTION OF PROBLEMS OF KINEMATICS AND DYNAMICS IN THE THEORY OF MECHANISMS AND MACHINES BY MEANS OF SOLIDWORKS MOTION - *Kharzhevskyi V., Marchenko M., Tkachuk V., Mokrota A*……*366*
47. DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF A DANCE COSTUME WITH LEDS - *Khasanova O., Zakharkevich O., Koshevko J., Shvets G*……*374*
48. РОЗРОБКА, ПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛЬНО-КЕРУЮЧОГО ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИСТРОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МАШИНИ - *Коротич О., Сухоставський В., Труліч Б., Постернак О*……*382*
49. ANALYSIS OF A COMPLEX PLANAR MECHANISM OF THE THIRD CLASS WITH TWO TRANSLATIONAL AND OTHER ROTATIONAL KINEMATIC PAIRS - *Koshel S., Koshel G., Zaliubovskyi M., Kovalyov Y., Popovichenko S*……*388*
50. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ШНЕКА ЕКСТРУЗІЙНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ - *Косіюк М.М., Костюк М.А., Костюк С.А*……*395*
51. ANALYSIS OF EXISTING AND PROSPECTIVE CONVEYOR TYPES FOR MOVEMENT OF PIECE CARGOES - *Kovalyov Y., Bilashov K., Pleshko S*……*403*
52. ОГЛЯД МАШИН ДЛЯ ЦИКЛІЧНОГО ШИТТЯ ВИРОБІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ - *Красій М., Нємий О., Поліщук О., Лісевич С., Рубанка М*….*407*

53. ROZWÓJ ODZIEŻY ADAPTACYJNEJ - *Krasniuk L., Troyan O., Luschevska O., Bukhantsova L……416*

54. IMPROVING THE METHOD OF USING PERFORMANCE METRICS TO OPTIMIZE IT PROJECT MANAGEMENT PROCESS - *Kravchuk O., Synyuk O., Kravchuk A……423*

55. FRACTAL GRAPHICS AS AN INNOVATIVE TECHNOLOGY IN FASHION CLOTHING DESIGN - *Kuleshova S., Yaskevich K……427*

56. ANALIZA RUCHU MEDUZY NA POTRZEBY IMPLEMENTACJI W PROJEKCIE SONDY BADAWCZEJ - *Kunicka-Kowalska Z., Melnyk N……436*

57. MODELING OF THE ELECTRIC DRIVE SYSTEM WITHOUT TAKING INTO ACCOUNT THE KINEMATIC INTERACTION OF THE LINKS OF THE ARM-MANIPULATOR OF AN INDUSTRIAL ROBOT - *Kyryliuk O., Maidan P., Sokolan Iu., Sokolan K……442*

58. ANALIZA PRZYCZYN WYPADKÓW PRZY PRACY W SYSTEMIE ZBIOROWEGO TRANSPORTU - *Lewandowska-Wojciechowska E., Lipski P……450*

59. WYTRZYMAŁOŚĆ STATYCZNA I TWARDOŚĆ POWIERZCHNIOWA ZŁĄCZY SPAWANYCH ZE STOPU ALUMINIUM EN AW-5754 WYKONANYCH Z RÓŻNĄ WARTOŚCIĄ ENERGII LINIOWEJ SPAWANIA - *Ligaj B., Giętka T., Grączewski A……461*

60. DESIGNING A DEVICE FOR DISTRIBUTING DOWN IN GARMENT PARTS BEFORE THE QUILTING OPERATION - *Lonsky V., Karmalita A……473*

61. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ У ГАЛУЗІ ШОВКОТРАФАРЕТНОГО ДРУКУ - *Lozinskyi O., Onofriichuk V……479*

62. ТОРГІВЛЯ ЛЮДЬМИ: ВИКЛИКИ ТА ЗАПОБІГАННЯ В УМОВАХ ВОЄННОЇ АГРЕСІЇ AGGRESSION - *Лучик С. Д., Лучик М. В.……486*

63. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ КЛЕЙМУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ВЗУТТЯ НА ПРЕСОВОМУ ОБЛАДНАННІ З ЛІНІЙНИМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ДВИГУНОМ - *Лучинський М., Поліщук О., Пищенюк В., Климчук В., Альбанська А……498*

64. ТЕНДЕНЦІЇ ТА СУЧАСНІ ТРЕНДИ РОЗВИТКУ МЕРЕЖЕВОГО РИТЕЙЛУ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОГО КОНКУРЕНТНОГО СЕРЕДОВИЩА - *Любохинець Л., Поплавський Є……506*

65. APPLICATION OF ACOUSTIC EMISSION AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR STEEL RESEARCH - *Łazarska M., Ranachowski Z……516*

66. ENSURING CONFIDENCE IN NEURAL NETWORK DECISIONS IN MEDICAL DIAGNOSTICS BASED ON VISUAL DATA - *Manziuk E., Skrypnyk T., Lukmanov T., Kyrychenko O……521*

67. THE METHOD OF DETERMINING THE DEPENDENCE OF THE INTERNAL ACTIVE RESISTANCE R(t) AND THE CAPACITY C(t) OF THE SUPERCAPACITOR IN TIME - *Martynyuk V., Kosenkov V., Paiuk V……525*

68. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ РОБОТА - *Мартинюк В., Медведчук Н., Бортнік В……536*

69. УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЕМ ІЗ СОНЯЧНИМИ ПАНЕЛЯМИ - *Мартинюк В, Медведчук Н,*

Шмунь В……541

70. PHYSICAL SIMULATION OF THE PROCESS OF MECHANICAL MIXING OF LIQUID CHEESE MASSES - *Martynyuk A., Tsymbalyuk Yu., Lukianiuk M……546*
71. АНАЛІЗ ВПЛИВУ АЗОТУВАННЯ В ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ - *Машовець Н.С., Стечишин М.С...552*
72. ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ - *Матюх С.А., Матюх Л.В., Рудніченко Є.М……557*
73. METHOD AND VIBRATING MACHINE FOR OBTAINING AMMONIA WATER FOR PLANT FEEDING - *Matveev O., Ganzyuk A., Hordieiev A……565*
74. SPOSOBY WYPOWIADANIA SIĘ WSPÓŁCZESNYCH POLAKÓW W SYTUACJI ZAGROŻENIA EPIDEMIĄ KORONAWIRUSA – WYBRANE ZAGADNIENIA - *Mikołajska M……575*
75. POVERTY AS A THREAT TO ECONOMIC SECURITY - *Moroz S. V……586*
76. НАРОДНІ ПРИКМЕТИ ТА СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ МОВНОЇ КУЛЬТУРИ (НА МАТЕРІАЛІ ПОЛЬСЬКИХ ПРИСЛІВ'ЇВ ТА ПРИКАЗОК З АНТОНІМІЧНИМИ КОМПОНЕНТАМИ) - *Moroz T……598*
77. ZASTOSOWANIE METODY KLASTROWANIA DO PROGOWANIA OBRAZÓW MIKROTOMOGRAFICZNYCH MATERIAŁÓW TRÓJSKŁADNIKOWYCH -*Mreła A., Cieszko M……604*
78. IMPACT OF DIGITAL TECHNOLOGIES ON THE FASHION INDUSTRY - *Mytsa V……614*
79. ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF ANTISEPTIC SUBSTANCES FOR RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES OF ANTIMICROBIAL TREATMENT OF CELLULOSE-CONTAINING MATERIALS - *Nehorui V., Paraska O., Buratowski T..620*
80. СУЧАСНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ УКРАЇНИ ТА СВІТУ - *Нестер А., Романішина О……631*
81. EXPERIMENTAL DYNAMIC STUDIES OF SINGLE-STAGE GEAR-LEVER OF THE PLANETARY MECHANISM WITH THE USE OF THE SOFTWARE ENVIRONMENT LabVIEW - *Neymak V., Romanets T……641*
82. ФОРМУВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ З УРАХУВАННЯМ ЗАКОРДОННОГО ДОСВІДУ - *Олейнікова Л.Г., Пєстрєцова Р.Я……647*
83. NANOMODIFIED FLUOROPOLYMER COVERAGES ON METALLIC SURFACES - *Oleksandrenko V.P., Svidersrkyi V.P., Kyrychenko L. M., Danylenko I. A., Yefymenko V.V., Neliubin Y. M……654*
84. TAJEMNICE FLAKONÓW – O POLSKICH I UKRAIŃSKICH PERFUMACH PRODUKOWANYCH W EPOCE SOCJALIZMU - *Orlova A……666*
85. PRAWNO – KARNE ASPEKTY HANDLU KOMÓRKAMI, TKANKAMI LUB NARZĄDAMI - *Ożóg J……678*
86. APPLICATION OF CHEMICAL RECYCLING PRODUCT TO OBTAIN THERMAL INSULATING POLYURETHANE MATERIALS - *Paciorek-Sadowska J., Borowicz M., Isbrandt M……693*

87. PROBLEMS OF COMPUTER ETHICS IN THE INFORMATION SOCIETY - *Panasiuk O*……..*700*

88. ERGONOMIC MODERNIZATION OF CHAIRS USED FOR DAILY LONG-TERM SITTING POSITION OF THE HUMAN ORGANISM - *Paraska O., Paraska S., Radek N*……*710*

89. МЕТОДИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ СОРБЕНТІВ - *Підгайчук С., Смутко С., Дробот О., Шевчук В., Яворська Н*……..*718*

90. THE IMPEDANCE TOMOGRAPHY SYSTEM - *Pidvirnyy O., Łukowski J*……*723*

91. SPOŁECZNO – EKONOMICZNE UWARUNKOWANIA FUNKCJONOWANIA PRZEDSIĘBIORSTW SEKTORA TSL W OKRESIE PANDEMII COVID – 19 - *Pietras Z., Winter W*……..*728*

92. BADANIE DYLATOMETRYCZNE STALI STOPOWEJ 42CrMo4 - *Piotrowska A., Łazarska M*……*738*

93. DEPENDENCES OF DYNAMIC PROCESSES FROM THE PARAMETERS OF THE KNITTING SYSTEM - *Pleshko S., Kovalyov Y*……..*743*

94. МІЖКУЛЬТУРНА КОМУНІКАЦІЯ В АСПЕКТІ ЗДОБУТТЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ ФІЛОЛОГАМИ-ПОЛОНІСТАМИ - *Подлевська Н., Йохна М*……*750*

95. WYKORZYSTANIE MATEMATYCZNEGO MODELU ZACHOWANIA SIĘ MATERIAŁU PRZY OBCIĄŻENIU CYKLICZNYM DO OKREŚLANIA TRWAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ W UJĘCIU ENERGETYCZNYM - *Polański J., Karasiewicz T*…..*762*

96. RESEARCH OF THE SCREW EXTRUDER OF A THREE-DIMENSIONAL PRINTING DEVICE USING SOLIDWORKS PROGRAM APPLICATIONS - *Polishchuk A., Polishchuk O., Skyba M., Lisevych S., Ramskyi A*……..*771*

97. ANALYSIS OF POLYMER WASTE AND EQUIPMENT FOR THEIR PROCESSING - *Polishchuk A.O., Polishchuk O.P., Pasatiuk V.A., Skyba M.Ye., Bromberek F*……*778*

98. JUSTIFICATION OF THE PRODUCT MANUFACTURING METHOD WITH COMPOSITE MIXTURES BASED ON THERMOPLASTICS POLYMERS AND WOOD WASTE - *Polishchuk O., Polishchuk A., Bonek M., Macko M., Tolstyuk A*……*787*

99. INNOVATIONS EQUIPMENT FOR DETERMINING CAPILLARITY OF FIBROUS MATERIALS FOR CLOTHES - *Pryvala V*……*793*

100. НОВІТНІ НАПРЯМИ ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ - *Романішина О., Нестер А*……..*799*

101. POMIAR PROPAGACJI FAL POWIERZCHNIOWYCH W MATERIAŁACH PODATNYCH - *Rosiak M., Kaczmarek M*……*806*

102. OCENA WPŁYWU PROMIENIOWANIA ELEKTROMAGNETYCZNEGO GENEROWANEGO PRZEZ TELEFON KOMÓRKOWY NA ORGANIZM CZŁOWIEKA NA PODSTAWIE ANALIZY TERMOGRAFICZNEJ - *Rutkowski J., Musiał J*……..*813*

103. SOWIECKIE ZAUTOMATYZOWANE SYSTEMY DOWODZENIA W DRUGIEJ POŁOWIE XX WIEKU - *Rybak R*……*827*

104. ДИНАМІКА ЦІННІСНО-СМИСЛОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ - *Сергієнко А., Герасименко Л., Чорний О*……..*835*

105. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРОГРАМИ MOLDEX3D ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ПРЕС-ФОРМ - *Синюк О., Кунцов О., Поліщук О., Злотенко Б……..845*

106. ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК ОДНОСТУПЕНЕВОГО ЗУБЧАСТО-ВАЖІЛЬНОГО ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНІЗМУ - *Смутко С., Лісевич С., Мусял Я., Мацко М…..850*

107. FORMATION OF THE DEPENDENCE OF EXTERNAL FRICTION ON DYNAMIC STRAIN AGEING OF STEEL - *Sokolan Iu., Sokolan K., Maidan P……..856*

108. WIND TURBINE MONITORING BASED ON ANALYSIS OF THE GENERATED ELECTRICITY STATISTIC PARAMETERS - *Stepanchikov D., Petrenko A., Gogol I.866*

109. ШЛЯХЕТНІ ПАЛАЦОВО-ПАРКОВІ КОМПЛЕКСИ ПОДІЛЛЯ ТА ПІВДЕННО-СХІДНОЇ ВОЛИНІ: ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ, ПРОБЛЕМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ - *Стрельбіцька Н., Халайцан В., Пищенюк І……..…877*

110. BEZPRĄDOWE METALIZOWANIE TWORZYW POLIMEROWYCH - *Szabliński K., Moraczewski K……..881*

111. METODYKA BADAŃ PROCESU ROZDRABNIANIA ELEMENTÓW WYKONANYCH Z PLA - *Szczepańczyk A., Musiał J……891*

112. KONCEPCJA ALTERNATYWNEJ LASKI DLA OSÓB NIEDOWIDZĄCYCH - *Szczepańczyk A., Nowak J., Kopowski J., Lewandowski J., Kawczyński M., Prądzyński K., Skowron M., Sochacki S., Wołowicz P. ……..898*

113. INVESTIGATION OF THE SURFACE MORPHOLOGY AND OPTOELECTRONIC PROPERTIES OF SEMICONDUCTOR ORGANIC THIN FILMS - *Tański T., Jarka P., Hajduk B……..904*

114. THE WAYS OF REBUILDING THE TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF CITIES USING BIM AND GIS TECHNOLOGIES - *Tkachenko I., Prusov D……..915*

115. ANALIZA TEMPERATUROWYCH WARUNKÓW PRACY PANELI FOTOWOLTAICZNYCH ELEKTROWNI HYBRYDOWEJ WYDZIAŁU ELEKTRYCZNEGO POLITECHNIKI BIAŁOSTOCKIEJ - *Tomaszuk A., Gryko Ł….924*

116. DETERMINANTY WSPÓŁPRACY NAUKI Z BIZNESEM W WARUNKACH GOSPODARKI OPARTEJ NA WIEDZY - *Trocikowski T., Kunikowski S……..933*

117. STUDY OF METHODS FOR CALCULATING THE HERMETICITY PARAMETERS OF COUPLED SURFACES OF LUBRICATION-FREE PISTON SEALS - *Tymoshchuk O., Polishchuk I., Artemenko M., Yevtushenko V……..…941*

118. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЗМІЦНЕННЯ ДИСКОВИХ ПИЛОК, ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ СТАЛІ 9ХФ, ІОННО-ПЛАЗМОВИМ АЗОТУВАННЯМ - *Урбанюк Є……..949*

119. DIGITAL-ІННОВАЦІЇ У СИСТЕМІ РЕКРУТИНГУ ПЕРСОНАЛУ ЗА СУЧАСНИХ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКОНОМІКИ - *Ведерніков М. Д., Волянська-Савчук Л. В., Чернушкіна О. О., Зелена М. І……955*

120. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СФЕРИ HR-ТЕХНОЛОГІЙ - *Ведерніков М. Д., Волянська-Савчук Л. В., Чернушкіна О. О., Зелена М. І……..967*

121. ANALIZA TWARDOŚCI DWUTLENKU CYRKONU PODCZAS PROCESÓW WZMACNIANIA - *Wirwicki M., Andryszczyk M., Szala G……..980*

122. STOWARZYSZENIE JAKO JEDNA Z FORM ORGANIZACYJNO-PRAWNYCH KOORDYNATORÓW KLASTRÓW NA PRZYKŁADZIE BYDGOSKIEGO KLASTRA PRZEMYSŁOWEGO DOLINY NARZĘDZIOWEJ - *Wojciechowski P….985*

123. МЕТОД ПРОЄКТІВ У ФОРМУВАННІ ПРАВОПИСНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ-ПОЛОНІСТІВ - *Войталюк С……994*

124. ZASTOSOWANIE KOMPOZYTÓW SORPCYJNYCH W ELEMENTACH FILTRACYJNYCH WODY, WYTWORZONYCH METODĄ FDM - *Zabrowarny A., Macko M., Sowiński A. D., Tarachowicz L. A……1001*

125. UKRAIŃSKA FILOZOFIA WYCHOWANIA WOBEC ZAGADNIEŃ TOŻSAMOŚCI NARODOWEJ**:** ASPEKTY SPOŁECZNO-ANTROPOLOGICZNE - *Zahorodnya A., Binytska O., Kalinina L., Shevchenko S……1007*

126. ОКРЕМІ АСПЕКТИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ІНКЛЮЗІЇ У ПРОЦЕСІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ НА ПРИКЛАДІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ НАФТИ І ГАЗУ - *Запухляк І., Вербовська Л., Маланюк Н., Бойко М……1011*

127. MEASUREMENT OF THE RELATIVE CHANGE IN SURFACE DENSITY AND DENSITY OF TEXTILE MATERIALS USING ULTRASONIC NON-CONTACT METHOD - *Zdorenko V.G., Zashchepkina N.N., Barylko S.V., Zheldak I.S……1021*

128. DYNAMIC CHARACTERISTICS RESEARCH TANK TRUCKS - *Zinko R., Voityk Ya., Polishchuk O., Polishchuk A……1030*

129. DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR FINDING OPTIMAL PARAMETERS FOR NONLINEAR MODELS - *Zolotenko E., Mykhailovskyi Y., Zolotenko I……1039*

130. ВПРОВАДЖЕННЯ ДОСВІДУ РЕФОРМУВАННЯ ПЕНСІЙНОЇ СИСТЕМИ В УКРАЇНІ - *Череп А.В., Проскура О.Д……1046*

131. ПРОЯВ СЕКСИЗМУ У РЕКЛАМІ ЯК НЕВІД'ЄМНА ЧАСТИНА АНАЛІЗУ СУЧАСНОГО МЕДІА-ПРОСТОРУ - *Череп О. Г., Дашко І.М., Русінова В.С……1052*

132. КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ НАПРУЖЕНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЛЕГКОЇ ТА ТЕКСТИЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ - *Щербань В., Колиско О., Гольдберг М., Мельник Г., Щербань Ю. ……1057*

133. ПАРАДИГМА ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ВІДРОДЖЕННЯ СЕРВІСНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ЇЇ ПОВОЄННОЇ АДАПТАЦІЇ ДО ЄВРОПЕЙСЬКИХ ВИМОГ - *Шерстюк Р.П., Андрушків Б.М., Ратинський В.В., Бойко О.Б., Гагалюк О.І., Дзюбатий Р.В……1069*

JAKOŚĆ I BEZPIECZEŃSTWO SUROWCÓW ZBOŻOWYCH WPROWADZONYCH DO OBROTU NA TERENIE POLSKI

Ałtyn I., Kosicki R. Twarużek M., Grajewski J.
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Wydział Nauk Biologicznych,
Katedra Fizjologii i Toksykologii, Bydgoszcz, Polska

Streszczenie. Bezpieczeństwo żywności i pasz jest jedną z najważniejszych kwestii na świecie. To jeden z priorytetów Komisji Europejskiej, dlatego też wprowadzane są dokumenty legislacyjne regulujące m.in. maksymalne zalecane poziomy skażenia mikotoksynami w żywności i paszach. Produkcja rolna jest podstawą łańcucha pokarmowego, dlatego bardzo ważne jest zapewnienie możliwie najwyższych standardów. To zadanie należy do EFSA (European Food Safety Authority).
Mikotoksyny są wtórnymi metabolitami pleśni, głównie *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp. i *Penicillium* spp. Mogą powodować wiele toksycznych objawów, w tym teratogenne (ochratoksyna A, toksyna T-2, aflatoksyny), mutagenne (toksyna T-2, ochratoksyna A, aflatoksyny, patulina) i ksenoestrogenne (zearalenon). Wśród wielu mikotoksyn najważniejsze są aflatoksyny, fumonizyny, ochratoksyna A, trichoteceny i zearalenon. Poziom skażenia mikotoksynami w dużym stopniu zależy od rozwoju pleśni. Na rozwój pleśni ma wpływ wiele czynników, w tym temperatura i wilgotność, a także szkody wyrządzane w uprawach przez owady lub ptaki, bądź inne uszkodzenia mechaniczne. Niewłaściwa obróbka materiału po zbiorach (np. podczas przechowywania) może również sprzyjać rozwojowi pleśni i produkcji mikotoksyn. Nawet po usunięciu pleśni wytwarzających mikotoksyny są one nadal obecne w materiale i nie ulegają degradacji z biegiem czasu. Są również bardzo odporne na wysokie i niskie temperatury, co sprawia, że bardzo trudno je usunąć z surowców i produktów. Chociaż istnieje kilka metod częściowego usuwania mikotoksyn z materiałów, utrzymywanie odpowiednich warunków podczas uprawy, zbioru i przechowywania jest nadal najlepszym sposobem na utrzymanie poziomu skażenia mikotoksynami na możliwie najniższym poziomie. Poziomy stężeń kilku mikotoksyn podlegają przepisom Komisji Europejskiej, które zalecają ich maksymalne zawartości w żywności i paszach. Zanieczyszczenie tych produktów ma także skutki ekonomiczne. Mikotoksyny mogą być przyczyną szeregu zaburzeń zdrowotnych u ludzi i zwierząt gospodarskich, w tym śmierci lub problemów w rozrodzie (głównie z powodu zearalenonu). Prowadzi to do utraty dochodów i wzrostu kosztów leczenia. Wysoki poziom mikotoksyn może również uniemożliwiać rolnikom sprzedaż swoich upraw zarówno na arenie międzynarodowej, jak i krajowej.
Celem prowadzonych prac Laboratorium Badawczego Mikotoksyn przy Katedrze Fizjologii i Toksykologii UKW, jest monitoring stanu skażenia surowców i produktów dla ludzi i zwierząt w Polsce, przez patogenne pleśnie i mikotoksyny.
Badania wykazują, że zanieczyszczenie żywności i pasz wtórnymi metabolitami pleśni nadal stanowi poważny problem. Szczególnie, ze względu na dużą zależność od warunków pogodowych, ich stopień skażenia zmienia się z roku na rok. Także złe warunki magazynowania i zbyt późny okres zbioru pogłębiają problem. Występuje także niekontrolowany obieg surowców importowanych. Zanieczyszczenie surowców i produktów spożywczych mikotoksynami może prowadzić do poważnych problemów zdrowotnych i strat ekonomicznych, na całym świecie, w związku z powyższym wprowadzenie kontroli jakość i bezpieczeństwa żywności i pasz powinno bezwzględnie być priorytetem.
Słowa kluczowe: zanieczyszczenie, surowce paszowe, grzyby pleśniowe, mikotoksyny.

Wprowadzenie

Pierwszymi gatunkami roślin, uprawianym przez ludzi od ponad dziesięciu tysięcy lat są rośliny zbożowe, które stanowią podstawę żywienia w wielu krajach. Obecnie, uprawia się wiele gatunków i odmian zbóż, lecz największe znaczenie mają pszenica, ryż i kukurydza. Surowce zbożowe dostarczają znaczną część składników odżywczych, takich jak węglowodany, białka, niektóre kwasy tłuszczowe, witaminy z grupy B, witaminę E, żelazo czy błonnik, które odgrywają znaczącą rolę w żywieniu ludzi i zwierząt. Od lat 60 zapotrzebowanie

na produkty zbożowe stale rośnie (FAO, 2002). Zachowanie czystości mikologicznej ziarnem zbóż podczas uprawy, zbioru, przechowywania, przetwarzania i dystrybucji, stanowi ogromne wyzwanie dla producentów (Sforza i in., 2006).

Intensywne zmiany klimatyczne i uproszczone uprawy, których jesteśmy świadkami, takie jak nadmierna wilgotność, skrajne temperatury, susza, szkodniki, systemy upraw i niektóre praktyki rolnicze, wpływają na stopień porażenia pleśniami upraw, żywności oraz pasz, co ostatecznie może prowadzić do produkcji toksycznych wtórnych metabolitów - mikotoksyn (Abbas, 2018). Obecność mikotoksyn w surowcach rolnych i produktach spożywczych to problem ogólnoświatowy, który ma wpływ na agrobiznes, globalizację handlu żywnością, ograniczenie produkcji zwierzęcej i rolnej, a przede wszystkim na zdrowie ludzi (Mohamed, 2011). Wieloletnie badania, prowadzone w niezależnych jednostkach naukowych na całym świecie, monitoryjące jakość surowców zbożowych wykazały, że w 2020 r około 25% - 50% towarów zbożowych było zanieczyszczonych mikotoksynami (Haque i in., 2020). W 2022 roku System Wczesnego Ostrzegania o Niebezpiecznej Żywności i Paszach (RASFF) opublikował dane, w których wykazał, że podobnie jak w latach ubiegłych, mikotoksyny były trzecią najczęściej zgłaszaną kategorią zagrożeń (485 zgłoszeń, co oznacza wzrost o 10,5% w porównaniu do 2021 r.). Zgłoszenia dotyczyły głównie wykrywania aflatoksyn (413), natomiast najczęściej zgłaszanym źródłem były Stany Zjednoczone (RASFF, 2022). Jakość produktów rolnych i spożywczych unaocznia stan gospodarki, której zadaniem jest zapewnienie potrzeb żywnościowych całego społeczeństwa (Gulbicka, 2003). Można to osiągnąć tylko w sytuacji, gdy dana populacja jest w pełni świadoma problemów, a perspektywa zdrowego odżywiania stanowi priorytet.

Mikotoksyny mogą stanowić poważne zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt. Wtórne metabolity pleśni powodują ostre lub przewlekłe stany chorobowe o działaniu hepatotoksycznym, nefrotoksycznym, immunosupresyjnym, genotoksycznym, teratogennym, a także rakotwórczym. Związki te wykazują różny stopień toksyczności, na którą wpływają m.in. procesy metaboliczne, sposób odżywiania, długość ekspozycji, przynależność gatunkowa oraz wiek organizmu (Aljicevic i in., 2008, Kralj i Prosen, 2009). Dodatkowo, narażenie na spożycie różnych mikotoksyn przez organizm, może prowadzić do addytywnych, synergistycznych lub antagonistycznych efektów toksycznych (Ficheux i in., 2012). Niebezpieczeństwo, jakie wiąże się ze spożyciem produktów zanieczyszczonych tymi toksynami doprowadziło do ustanowienia przepisów mających na celu kontrolę ich poziomów w surowcach i produktach. Oceną ryzyka zawiązanego z obecnością mikotoksyn na świecie, zajmuje się Wspólny Komitet Ekspertów ds. Dodatków do Żywności (JECFA), naukowa rada doradcza Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) i FAO. Natomiast, na terenie Unii Europejskiej (UE) kwestiami mikotoksyn zajmuje się Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA), który doradza Komisji Europejskiej. Dlatego też, w 2001 roku Komitet Naukowy Komisji Europejskiej ds. Żywności (SCF) początkowo ustanowił najwyższe dopuszczalne poziomy (MLs) aflatoksyn (AF), ochratoksyny A (OTA) i patuliny (PAT) w żywności (rozporządzenie UE 466/2001) (EU, 2001). Było ono kilkakrotnie aktualizowane i zastąpione w 2006 r. rozporządzeniem UE 1881/2006, które było następnie aktualizowane w 2007 i 2010 r.(EU, 2010). Jednakże, standardy przyjęte w różnych krajach lub agencjach wielostronnych znacznie się różnią, głównie ze względu na poziom rozwoju gospodarczego i podatność upraw danego kraju na zanieczyszczenie. Badania wskazują, że koszty ekonomiczne egzekwowania norm i utraty możliwości handlowych, wynikające z różnic w dopuszczalnych poziomach mikotoksyn w ziarnach i produktach zbożowych, są znaczne. W krajach rozwijających się poprawa bezpieczeństwa żywności zgodnie z zachodnimi standardami może skutkować znacznymi kosztami, a co za tym idzie, wysokimi cenami żywności dla ludności o niskich dochodach, które będą nie do przyjęcia (van Veen 2005).

Mikotoksyny to małe cząsteczki organiczne syntetyzowane jako metabolity wtórne przez grzyby pleśniowe, należące głównie do rodzajów Aspergillus, Penicillium i Fusarium. Obecnie, znanych jest setki toksyn, ale najważniejszymi pod względem ich występowania i toksyczności są aflatoksyny (AFs), ochratoksyna A (OTA), fumonizyny (FUM), trichoteceny (TRC) i zearalenon (ZEN), alkaloidy sporyszu, enniatyny (EN), toksyny alternaria, moniliformina (MON), beauvericyna (BEA) czy kwas mykofenolowy (Kralj i Prosen, 2009). Zanieczyszczenie tymi toksynami występuje powszechnie w produktach pochodzenia roślinnego, zwłaszcza w zbożach, nasionach, owocach czy paszach dla zwierząt, co prowadzić może do narażenia ludzi na działanie mikotoksyn (Wu i in., 2013; Li i in., 2015). Związki te, w zależności od dawki mogą powodować ostrą toksyczność i choroby przewlekłe. Do ostrego zatrucia dochodzi w przypadku spożycia dużych ilości silnie skażonej żywności/paszy, co często kończy się śmiercią, jak miało to miejsce w zachodnich Indiach w 1974 r., w Kenii w latach 1981–2006, Tanzanii w 2016 r., na Tajwanie i w Malezji (Reddy, i in. 2007; Obura, 2013; Probst, i in., 2007, Kamala, i in. 2018). Natomiast, długotrwałe narażenie na mikotoksyny w dawkach nieco przekraczających dopuszczalne limity może prowadzić do chorób przewlekłych, takich jak rak wątroby wywołany AF w Afryce i Chinach, choroby nerek wywołane przez OTA w Europie i Egipcie oraz raka przełyku wywołanego przez FUM w Afryce i niektórych regionach Chin (Wu i in., 2013; Rheeder i in. 1992, Xue i in. 2019, Gelderblom i in. 1992).

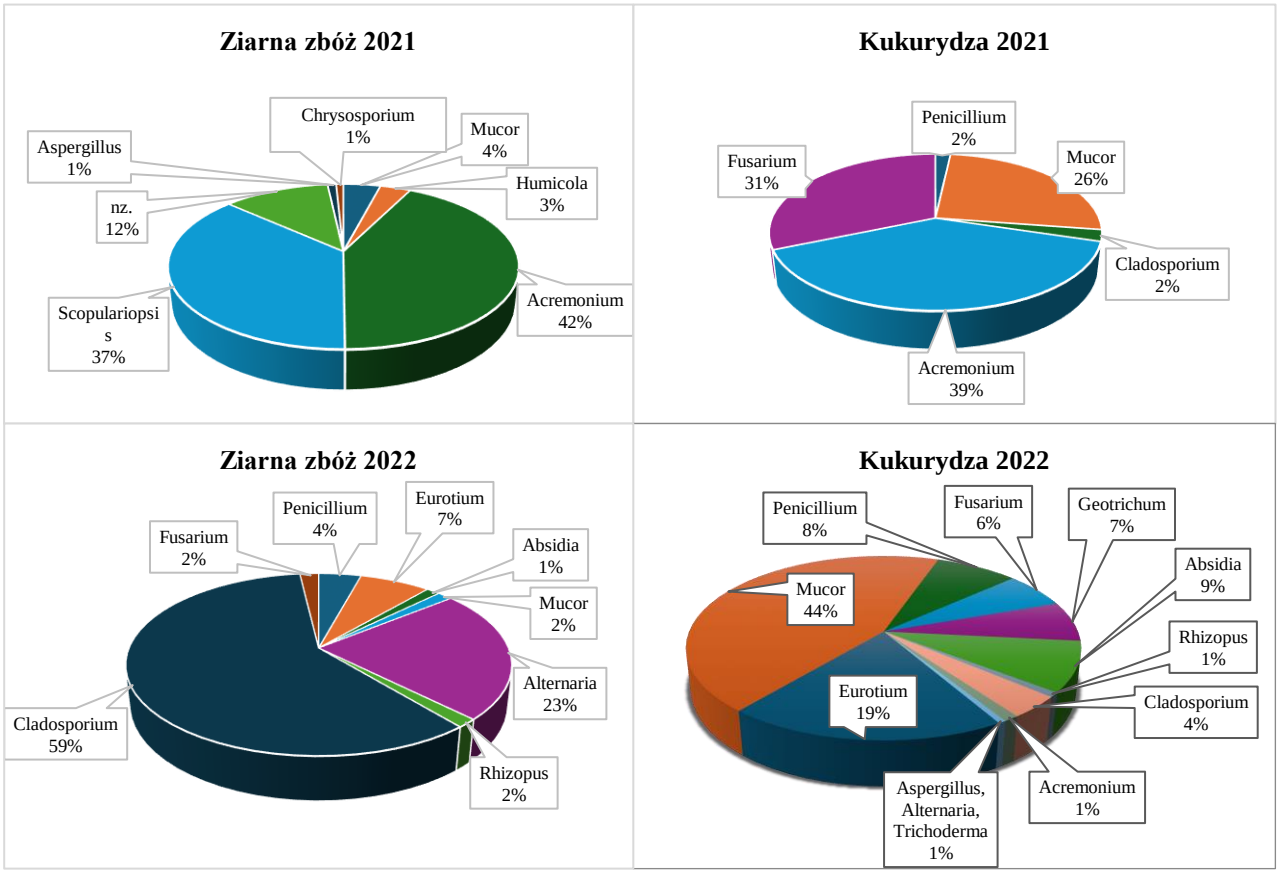
Prowadzone, wieloletnie badania Laboratorium Badawczego Mikotoksyn przy Katedrze Fizjologii i Toksykologii UKW, mają na celu monitoring stanu skażenia surowców i produktów dla ludzi i zwierząt w Polsce, przez patogenne pleśnie i mikotoksyny.

Jedynie na przestrzeni lat 2021-2022 analizie mykologicznej poddano 75 próbek surowców zbożowych, natomiast analizy mykotoksykologicznej wykonano 553. Wyniki wykazały, że wszystkie próbki były porażone grzybami pleśniowymi, a tylko 5 próbek było wolnych od mykotoksyn. W roku 2022 nastąpił znaczny spadek poziomu porażenia grzybami pleśniowymi ziarna zbóż, w stosunku do roku 2021, w którym średnia ogólna liczba grzybów wynosiła 3,7 *10^4 jtk/g próbki (Tab. 1). Natomiast, w przypadku kukurydzy, to rok 2022 okazał się znacznie gorszym, ponieważ średnia ogólna liczba grzybów wyniosła 2,5 * 10^5 jtk/g próbki.

Tabela 1. Ocena mykologiczna ziarna zbóż oraz kukurydzy w latach 2021-2022.

		2021			2022		
		Ogólna liczba grzybów [jtk/g]	Ogólna liczba pleśni [jtk/g]	Ogólna liczba drożdży [jtk/g]	Ogólna liczba grzybów [jtk/g]	Ogólna liczba pleśni [jtk/g]	Ogólna liczba drożdży [jtk/g]
Ziarna zbóż	Średnia	37367,86	25817,57	11550,29	5006,33	2255,75	2750,58
	Max	639394	569697	69697	115	73	9
Kukurydza	Średnia	47818,68	10398,14	37420,55	250605,62	8641	241964,62
	Max	443333	64848	413333	476	91	61

Zarówno w ziarnach zbóż jak i kukurydzy na przestrzeni badanych lat, pojawiają się różne rodzaje pleśni, jak *Fusarium, Penicillium, Aspergillus, Cladosporium, Mucor, Rhizopus*, które stanowią wysoki stopień zagrożenia dla zdrowia ludzi i zwierząt (Rys. 1).



Rys. 1. Procentowy udział pleśni w poszczególnych rodzajach zbóż na przestrzeni lat 2021-2022

Analiza mykotoksykologiczna ziarna zbóż wykazała, że zarówno w roku 2021 jak i 2022, najczęściej wykrywanymi mikotoksynami były toksyny T-2 i HT-2 oraz DON. Były obecne prawie w 100% próbek (Tab. 2). Ich maksymalne wartości znacznie przekraczały maksymalne dopuszczalne poziomy.

Tabela 2. Ocena mykotoksykologiczna ziarna zbóż w latach 2021-2022.

Ziarno zbóż		DON	NIV	3ADON	MAS	DAS	T2	HT2	ZEN
2021	**% Pozytywnych**	**97,4**	**92,1**	**57,9**	**81,6**	**31,6**	**96,7**	**98,0**	**89,5**
	średnia	232	34,7	7,68	5,30	1,89	10,9	32,6	9,43
	max	1878	307	43,1	26,5	6,22	189	441	226
2022	**% Pozytywnych**	**97,1**	**92,0**	**40,1**	**83,9**	**41,6**	**97,8**	**97,8**	**78,1**
	średnia	106	31,6	8,44	6,60	1,95	13,6	36,9	9,75
	max	3322	231	223	55,6	6,91	268	461	517

Natomiast, jeżeli oceniamy ziarno kukurydzy, to obecność mykotoksyn również była praktycznie podobna, zarówno w roku 2021 jak i 2022. 100% próbek było skażone zearalenonem (ZEN), a nieznacznie poniżej tego poziomu obecne były toksyna HT-2 oraz deoksyniwalenon (DON) (Tab.3).

Tabela 3. Ocena mykotoksykologiczna ziarna kukurydzy w latach 2021-2022.

Kukurydza		DON	NIV	3ADON	MAS	DAS	T2	HT2	ZEN
2021	% Pozytywnych	**98,8**	**98,8**	**96,4**	**88,1**	**64,3**	**95,2**	**94,0**	**100**
	średnia	1414	102	82,3	5,24	2,10	37,1	42,3	335
	max	12957	2380	1344	68,6	9,68	943	301	6168
2022	% Pozytywnych	**99,4**	**93,3**	**93,9**	**92,8**	**77,2**	**97,8**	**99,4**	**100**
	średnia	1101	46,0	59,6	5,84	1,99	38,4	68,1	106
	max	8526	326	378	34,1	9,5	642	411	1288

Wnioski

Badaniami potwierdzono, że zanieczyszczenie żywności i pasz wtórnymi metabolitami pleśni nadal stanowi poważny problem zdrowotny. Szczególnie, ze względu na dużą zależność od warunków pogodowych, ich stopień skażenia zmienia się z roku na rok. Także złe warunki magazynowania i zbyt późny okres zbioru pogłębiają problem. Występuje także niekontrolowany obieg surowców importowanych. Zanieczyszczenie surowców i produktów spożywczych mikotoksynami może prowadzić do poważnych problemów zdrowotnych i strat ekonomicznych, na całym świecie. Ochrona zdrowia ludzkiego na każdym etapie produkcji żywności powinna stanowić priorytet, zarówno dla Unii Europejskiej, jak i każdego kraju z osobna. W związku z powyższym wprowadzenie kontroli jakość i bezpieczeństwa żywności i pasz powinno bezwzględnie być priorytetem.

Bibliografia

1. Abbas, M., 2018. *Co-Occurrence of Mycotoxins and Its Detoxification Strategies*. In Mycotoxins-Impact and Management Strategies. Volume 5, pp. 91–107.
2. Aljicevic, M., Beslagic, E., Zvizdic, S., Hamzic, S., Rebic, V. 2008. *Mycotoxins*. HealthMED, 2 (3), 176-182.
3. European Comission. 2010. COMMISSION REGULATION (EC) No 1881/2006 on setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2006R1881:20100701:EN:PDF
4. European Commission, 2001. COMMISSION REGULATION (EC) No 466/2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. http://ec.europa.eu/food/fs/sfp/fcr/fcr02_en.pdf
5. FAO, E. 2006). *World agriculture: towards 2030/2050*. Interim report, Rome.
6. Ficheux, A.S., Sibiril, Y., Parent-massin, D. 2012. *Co-exposure of Fusarium mycotoxins: in vitro myelotoxicity assessment on human hematopoietic progenitors*. Toxicon, 60 (6), 1171-1179.
7. Food Safety in Europe: 2022 Annual Report of the Alert and Cooperation Network (RASFF, AAC and FFN). https://www.merieuxnutrisciences.com/eu/food-safety-europe-2022-annual-report/
8. Gelderblom, W.C.A., Semple, E., Marasas, W.F.O., Farber, E. 1992. *The cancer-initiating potential of the fumonisin B mycotoxins*. Carcinogenesis, 13, 433–437.
9. Gulbicka, B. 2003. Bezpieczeństwo żywnościowe krajów rozwijających się, Warszawa, s. 9-161.
10. Haque, MA, , Wang, Y., Shen, Z., Li, X., Saleemi, M.K., He, C., 2020. *Mycotoxin contamination and control strategy in human, domestic animal and poultry:A review*. Microbial Pathogenesis 142: 104095

11. Kamala, A., Shirima, C., Jani, B., Bakari, M., Sillo, H., Rusibamayila, N., De Saeger, S., Kimanya, M., Gong, Y.; Simba, A., the investigation team. 2018. *Outbreak of an acute aflatoxicosis in Tanzania during 2016*. World Mycotoxin J., 11, 311–320.
12. Kralj, I. C., Prosen, H., 2009. *An overview of conventional and emerging analytical methods for the determination of mycotoxins*. International Journal of Molecular Sciences, 10 (1), 62-115.
13. Li LP, He L, Feng Z, Ren W, Yin J, et al. 2015. *Dietary LArginine supplementation protects weanling pigs from deoxynivalenol-induced toxicity*. Toxins. 7:1341-1354
14. Mohamed, E.Z. 2011. *Impact of mycotoxins on humans and animals*. Journal of Saudi Chemical Society.15(2):129-144
15. Obura, A. 2013. *Aflatoxicosis: Evidence from Kenya. In Aflatoxins: Finding Solutions for Improved Food Safety*; Unnevehr, L.J., Grace, D., Eds.; International Food Policy Research Institute: Washington, DC, USA, 2013.
16. Probst, C., Njapau, H., Cotty, P.J. 2007. *Outbreak of an Acute Aflatoxicosis in Kenya in 2004: Identification of the Causal Agent*. Appl. Environ. Microbiol., 73, 2762–2764.
17. Reddy, B.N., Raghavender, C.R. 2007. *Outbreaks of Aflatoxicoses in India*. Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev., 7, 1–15.
18. Rheeder, J., Marasas, W., Theil, P., Sydenham, E., Shephard, G., Van Schalkwyk, D. 1992. *Fusarium moniliformeand Fumonisins in Corn in Relation to Human Esophageal Cancer in Transkei*. Phytopathology, 82, 353–357.
19. Sforza S., Dall'asta C., Marchelli R. 2006. *Recent advances in mycotoxin determination in food and feed by hyphenated chromatographic techniques/mass spectrometry*. Mass Spectrometry Reviews. 25: 54-76.
20. van Veen, T.W.S. 2005. *International trade and food safety in developing countries*. Food Control, 16, 491–496.
21. Wu L., Wang W., Yao K., Zhou T., Yin J., Li T., Yang L., He L., Yang H., Zhang H., Wang Q., Huang R., Yin Y. 2013. *Effects of dietary arginine and glutamine on alleviating the impairment induced by deoxynivalenol stress and immune relevant cytokines in growing pigs.* PLoS One. 8: 69502.
22. Xue, K.S., Tang, L., Sun, G., Wang, S., Hu, X., Wang, J.-S. 2019. *Mycotoxin exposure is associated with increased risk of esophageal squamous cell carcinoma in Huaian area, China*. BMC Cancer, 19, 12–18.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПОШУКУ ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА У СЕРЕДОВИЩІ MATLAB/SIMULINK

Андронова О., Курак В., Кручина А.
Херсонський національний технічний університет, Україна

Анотація. Шляхом моделювання в програмному середовищі Matlab/Simulink досліджено методи пошуку точки максимальної потужності (MPP) в застосуванні до фотоелектричної системи, побудованої на основі нереверсивного підвищувального імпульсного перетворювача постійної напруги, а саме, метод збурення і спостереження (P&O) та метод інкрементної провідності (IncCond).
В методі P&O при відстеженні MPP напруга на модулі навмисно збільшується або зменшується, вимірюється струм, а отримане значення потужності порівнюється з попереднім значенням, що мало місце до збурення. Якщо потужність в результаті збурення збільшилася, наступна зміна напруги буде відбуватися у тому ж напрямку, якщо зменшилася – то у протилежному.
Алгоритм IncCond регулює положення робочої точки на характеристиці потужності фотоелектричного генератора шляхом порівняння миттєвої та інкрементної провідностей, які у випадку MPP співпадають за абсолютною величиною.
Моделювання роботи фотоелектричної системи з трекерами MPP проводилось в програмному середовищі Matlab/Simulink. Фотоелектричну систему побудовано на основі генератора, що складається з двох паралельно з'єднаних фотоелектричних модулів 1Soltech 1SHN-350-WH з напругою MPP 43 В за стандартних умов STC, підвищувального імпульсного перетворювача постійної напруги з навантаженням, представленим резистором, напруга на якому відповідає кінцевій напрузі заряду свинцевої акумуляторної батареї 58,8 В. Досліджувались та порівнювались коливання значень потужності фотоелектричного генератора, швидкість конвергенції та ефективність відстеження MPP при використанні методів відстеження P&O та IncCond за умов зміни кроку напруги, потоку сонячної радіації та температури фотоелектричного генератора.
Встановлено, що у разі збільшення кроку зміни напруги, з одного боку, зростає швидкість конвергенції, а з іншого – збільшуються пульсації потужності навколо MPP, а ефективність обох методів відстеження MPP зменшується. Метод P&O продемонстрував перевагу перед методом IncCond за швидкістю конвергенції, але з більшими пульсаціями потужності.
За низьких потоків сонячної радіації більшу ефективність демонструє трекер, що використовує метод P&O, в той час як при наближенні до умов STC ефективність обох методів стає однаковою. Метод IncCond демонструє менші пульсації потужності, втім при низьких світлових потоках поступається методу P&O за швидкістю конвергенції.
Зі збільшенням температури амплітуда пульсацій потужності для методу P&O зменшується, а для методу IncCond зростає. Ефективність обох методів відстеження точки максимальної потужності зменшується при відхиленні температури фотоелектричного генератора від температури, що відповідає умовам STC, особливо при зміщенні у бік вищих температур.
Ключові слова: Фотоелектричний генератор, точка максимальної потужності, підвищувальний перетворювач напруги, моделювання, Matlab/Simulink.

Вступ

Розвиток фотоелектричної генерації на сьогодні є одним з перспективних напрямків відновлення втрачених внаслідок війни генеруючих потужностей електроенергетичної системи України. Навіть, незважаючи на воєнний стан, в 2023 році було введено в експлуатацію 500 ГВт потужностей сонячних електростанцій. До переваг сонячної генерації можна віднести екологічність виробництва електрики, тривалий термін експлуатації та низькі експлуатаційні витрати, що сприяє поширенню застосування даної технології. Однак, низький коефіцієнт корисної дії (ккд) перетворення первинної енергії, який для кристалічних кремнієвих фотоелектричних

модулів становить близько 20%, а для фотоелектричної системи близько 12-15 %, спонукає до пошуку методів підвищення ефективності на всіх стадіях перетворення енергії у системі.

Ефективність роботи фотоелектричного модуля та генерована потужність визначаються зовнішніми факторами, як то надходження сонячної радіації на поверхню та температура модуля, а також режимом використання, тобто навантаженням, підключеним до модуля. При прямому підключенні навантаження в умовах змінних значень опромінення та робочої температури модуля генерована потужність не відповідає максимально можливій. Для збільшення генерованої енергії необхідно забезпечити роботу фотоелектричного модуля в точці максимальної потужності (MPP), що реалізується трекерами MPP в складі інверторів та контролерів заряду акумуляторних батарей.

На сьогодні для пошуку точки максимальної потужності фотоелектричного генератора запропоновано низку методів, які відрізняються за вихідними параметрами, складністю та вартістю реалізації, стійкістю до зовнішніх впливів, ефективністю відстеження MPP [1-3]. Через легкість реалізації на практиці та високу ефективність найбільш широко застосовуються методи, засновані на алгоритмах збурення і спостереження (P&O), інкрементної провідності (IncCond) та постійної напруги (CV) [4-6]. Перші два методи мають однакові статичні та динамічні характеристики, можуть відстежувати точку максимальної потужності за умов часткового затінення модуля, але на їх роботу впливає швидка зміна освітленості поверхні модуля. Метод постійної напруги потребує для реалізації знання параметрів фотоелектричного генератора, ефективність метода є нижчою, особливо при підвищених температурах модуля та зменшеному надходженню сонячної радіації. Порівняння параметрів методів відстеження MPP в залежності від зміни зовнішніх умов експлуатації проведено в низці робіт для фотоелектричних систем, що використовують нереверсивні знижувальні імпульсні перетворювачі постійної напруги (buck converter) або підвищувально-знижувальні (buck-boost) перетворювачі у якості інтерфейсу між фотоелектричним генератором та акумуляторною батареєю [2, 4, 7].

У даній роботі шляхом моделювання в програмному середовищі Matlab/Simulink досліджуються методи збурення і спостереження (P&O) та інкрементної провідності (IncCond) в застосуванні до фотоелектричної системи, побудованої на основі нереверсивного підвищувального (boost) імпульсного перетворювача постійної напруги.

Викладення основного матеріалу дослідження

Модель фотоелектричного модуля представлена стандартним блоком PV Array, який використовує п’ятипараметричну модель фотоелектричного перетворювача (рис. 1) для визначення залежних від надходження радіації та температури вольт-амперних характеристик (ВАХ) модуля. Приймається, що струм I_d та напруга V_d діода пов’язані між собою наступним рівнянням:

$$I_d = I_0\left[\exp\left(\frac{V_d}{V_T}\right) - 1\right], \qquad V_T = \frac{kT}{q} n_I N_{cell}, \tag{1}$$

де I_0 – струм насичення діода; n_I – коефіцієнт ідеальності діода; k – константа Больцмана; q – елементарний заряд; N_{cell} – кількість послідовно з’єднаних фотоелектричних перетворювачів у складі модуля.

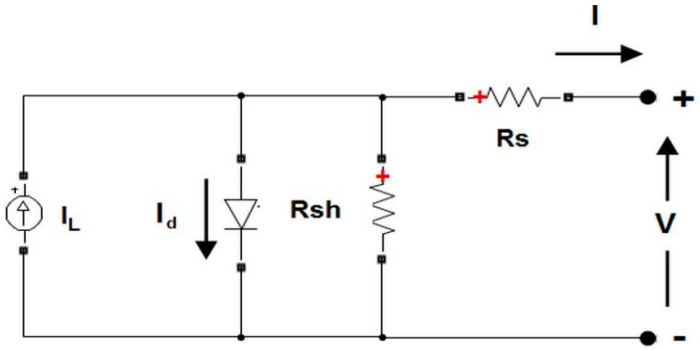


Рис. 1. Модель фотоелектричного модуля:
I_L – фотострум; I_d – струм діода; R_{sh} – шунтуючий опір; R_s – послідовний опір

Для моделювання роботи фотоелектричного модуля програма обчислює параметри його ВАХ на основі введених користувачем вхідних даних, що відповідають стандартним умовам випробувань (STC). В якості вхідних використовуються наступні параметри модуля: максимальна електрична потужність, струм короткого замикання, напруга холостого ходу, напруга та струм в точці максимальної потужності, температурні коефіцієнти напруги та струму.

В схемі підвищувального імпульсного перетворювача постійного струму (рис. 2) ключ (транзистор VT) включений паралельно навантаженню $r_{\text{н}}$. Протягом періоду, коли транзистор відкритий, напруга фотоелектричного генератора U_d прикладена до дроселя L, в якому накопичується енергія (струм i_{L1}), а живлення навантаження забезпечується за рахунок розряду конденсатора C, при цьому діод VD закритий напругою зворотної полярності. При перемиканні транзистора в закритий стан струм дроселя i_{L2} протікає через діод, навантаження та конденсатор. Протягом цього періоду енергія, накопичена в дроселі, передається навантаженню. Оскільки напруга на дроселі додається до напруги фотоелектричного генератора, то напруга на навантаженні $U_{\text{н}}$ зростає. Степінь зростання напруги визначається тривалістю періодів відкритого та закритого стану транзистора, тобто коефіцієнтом заповнення імпульсів γ. Регулювальна характеристика підвищувального перетворювача запишеться як:

$$U_{\text{н}} = \frac{U_d}{1-\gamma}. \tag{2}$$

Для режиму безперервного струму індуктивність дроселя визначається виразом:

$$L = \frac{U_d\,\gamma}{f\Delta I_L}, \tag{3}$$

де ΔI_L – пульсація струму дроселя; f – частота перемикання ключа.

Ємність, яка забезпечує певну пульсацію вихідної напруги $\Delta U_{\text{н}}$, визначається:

$$\text{C} = \frac{I_{\text{н}}\,\gamma}{f\Delta U_{\text{н}}}, \tag{4}$$

де $I_{\text{н}}$ – струм, що протікає через навантаження.

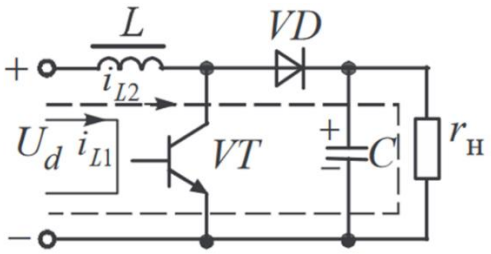


Рис. 2. Схема підвищувального імпульсного перетворювача постійної напруги

Керування тривалістю періодів відкритого та закритого стану транзистора реалізується із застосуванням контролерів, що використовують різні методи відстеження точки максимальної потужності.

Методи P&O та IncCond базуються на властивості характеристики потужності фотоелектричного модуля: похідна цієї характеристики є позитивною при напругах, менших за напругу MPP, негативною при напругах, більших за MPP, і дорівнює нулю в точці максимальної потужності.

В методі P&O при відстеженні MPP вимірюється напруга та струм фотоелектричного генератора для обчислення вихідної потужності. Напруга на модулі навмисно збільшується або зменшується, а потім отримане значення потужності порівнюється з попереднім значенням, отриманим до збурення. Якщо потужність в результаті збурення збільшилася, наступна зміна напруги буде відбуватися у тому ж напрямку, якщо зменшилася – то у протилежному (рис. 3). Цей метод не зупиняє обчислення, навіть якщо досягнуто значення MPP, тому в умовах статичного стану робоча точка фотоелектричного генератора коливається навколо точки максимальної потужності [4, 6, 8].

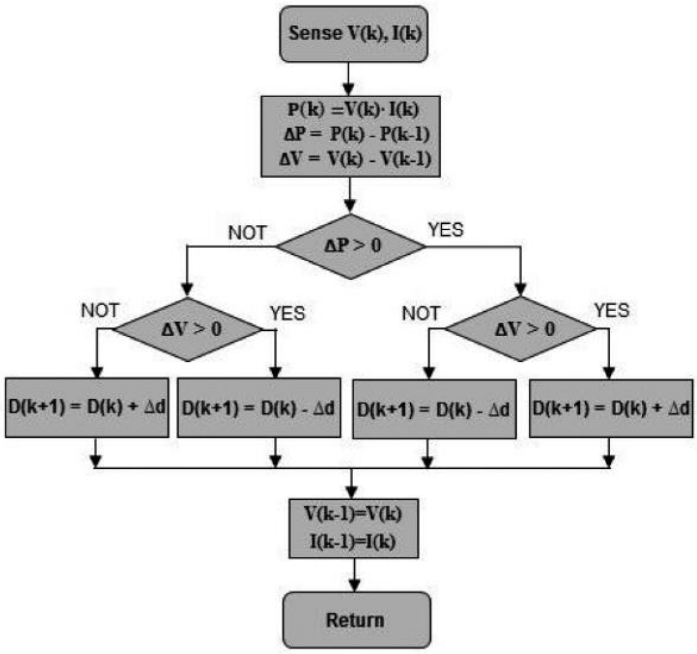


Рис. 3. Блок-схема алгоритму метода збурення і спостереження (P&O)

Алгоритм IncCond також використовує два датчики – напруги та струму. Регулювання положення робочої точки на потужнісній характеристиці фотоелектричного генератора відбувається шляхом порівняння миттєвої I/U та інкрементної $\Delta I/\Delta U$ провідностей:

$$\begin{array}{ll} \frac{\Delta I}{\Delta U} = -\frac{I}{V} & \text{в точці MPP;} \\ \frac{\Delta I}{\Delta U} > -\frac{I}{V} & \text{ліворуч від MPP;} \\ \frac{\Delta I}{\Delta U} < -\frac{I}{V} & \text{праворуч від MPP} \end{array} \quad (5)$$

і, відповідно до визначеного положення робочої точки, визначається напрямок зміни напруги фотоелектричного генератора (рис. 4). Після досягнення MPP цей алгоритм припиняє подальші обчислення доки не відбудуться зміни в умовах робочого середовища фотоелектричного генератора [4-6].

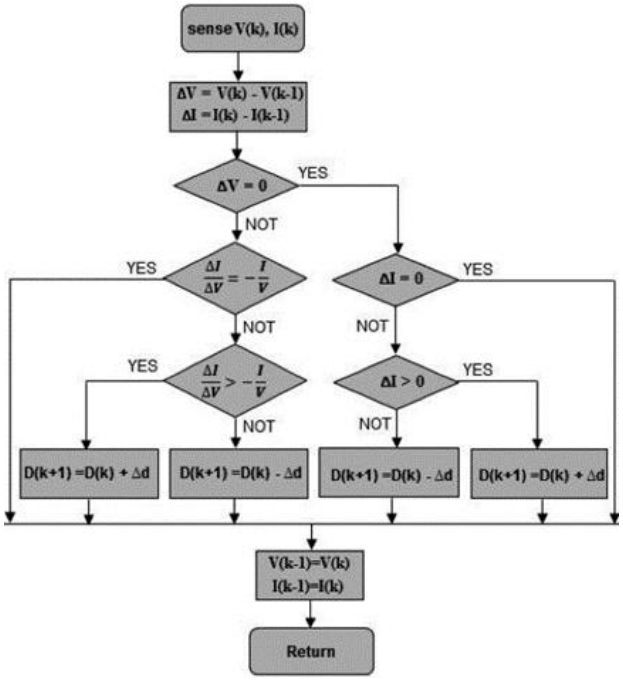


Рис. 4. Блок-схема алгоритму метода інкрементної провідності (IncCond)

Ефективність методів відстеження точки максимальної потужності визначається як відношення значення потужності фотоелектричного генератора P_{pv}, отриманого при застосуванні трекеру MPP, до його максимальної потужності P_{max}, визначеної з характеристики модуля при заданих умовах експлуатації [2]:

$$\eta = \frac{P_{pv}}{P_{max}} \cdot 100\%. \quad (6)$$

Моделювання роботи фотоелектричної системи з трекерами MPP проводилось в програмному середовищі Matlab/Simulink (рис. 5). На рис. 6 показано реалізацію алгоритмів роботи трекерів MPP за методами P&O та IncCond.

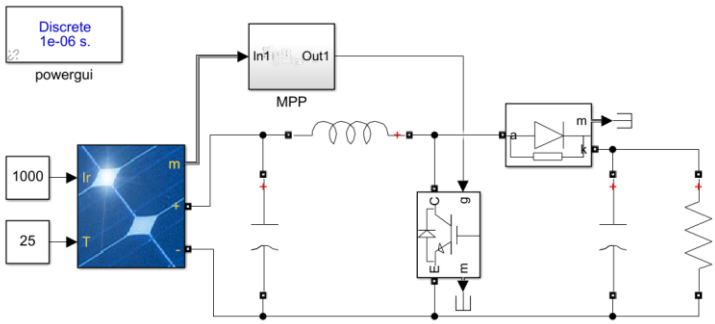
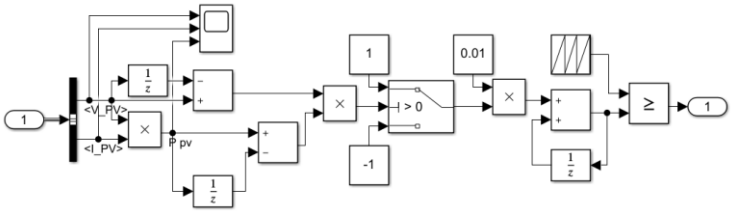
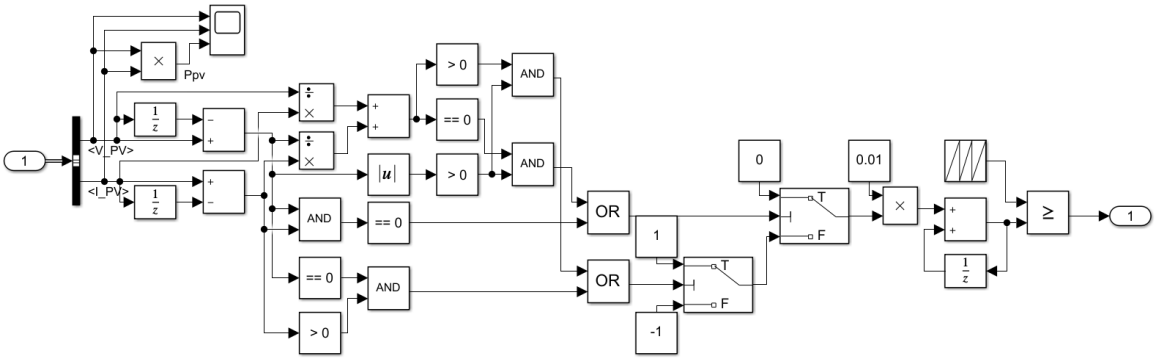


Рис. 5. Модель Simulink сонячного фотоелектричного генератора з алгоритмом MPP



а)



б)

Рис. 6. Реалізація алгоритмів методів відстеження точки максимальної потужності P&O (а) та IncCond (б) в Matlab/Simulink

Фотоелектричний генератор складається з двох паралельно з'єднаних фотоелектричних модулів 1Soltech 1SHN-350-WH, параметри яких представлено у табл. 1. На виході підвищувального імпульсного перетворювача постійного струму напруга на навантаженні, представленого резистором, визначена як кінцева напруга заряду свинцевої акумуляторної батареї з номінальною напругою 48 В в циклічному режимі роботи, що становить 58,8 В.

Таблиця 1. Параметри фотоелектричного модуля 1Soltech 1SHN-350-WH для умов STC

Параметр	Значення
Максимальна потужність, Вт	349,59
Напруга холостого ходу, В	51,5
Напруга MPP, В	43
Струм короткого замикання, А	9,4
Струм MPP, А	8,13
Температурний коефіцієнт напруги холостого ходу, %/°C	-0,36
Температурний коефіцієнт струму короткого замикання, %/°C	0,09

Порівняння методів відстеження точки MPP проводилось при моделюванні роботи фотоелектричної системи в умовах STC при різних значеннях кроків Δd зміни напруги. Порівнювались коливання значень потужності фотоелектричного генератора ΔP, визначені у відсотках від середнього значення, швидкість конвергенції Δt та ефективність відстеження MPP (табл. 2).

Зі збільшенням кроку зміни напруги Δd з одного боку зростає швидкість конвергенції, тобто зменшуються втрати в перехідних процесах при зміні зовнішніх умов роботи фотоелектричного генератора, а з іншого боку, збільшуються пульсації потужності навколо MPP, що збільшує втрати у статичному режимі роботи. В цілому ефективність методів відстеження MPP зменшується.

Таблиця 2. Вплив кроків зміни напруги на параметри методів відстеження MPP за умов STC

Δd	ΔP,%		η, %		Δt, c	
	P&O	IncCond	P&O	IncCond	P&O	IncCond
0,001	1,1	0,6	99,95	99,95	0,75	0,82
0,005	1,5	1,1	99,93	99,93	0,14	0,20
0,010	2,1	2,0	99,87	99,89	0,08	0,16

Метод P&O має перевагу перед методом IncCond за швидкістю конвергенції, але має більші пульсації потужності (рис. 7). Розрахунок за формулою (6) дає близькі значення ефективності для обох методів відстеження MPP.

Для збільшення швидкості конвергенції для подальших моделювань обрано крок Δd = 0,01.

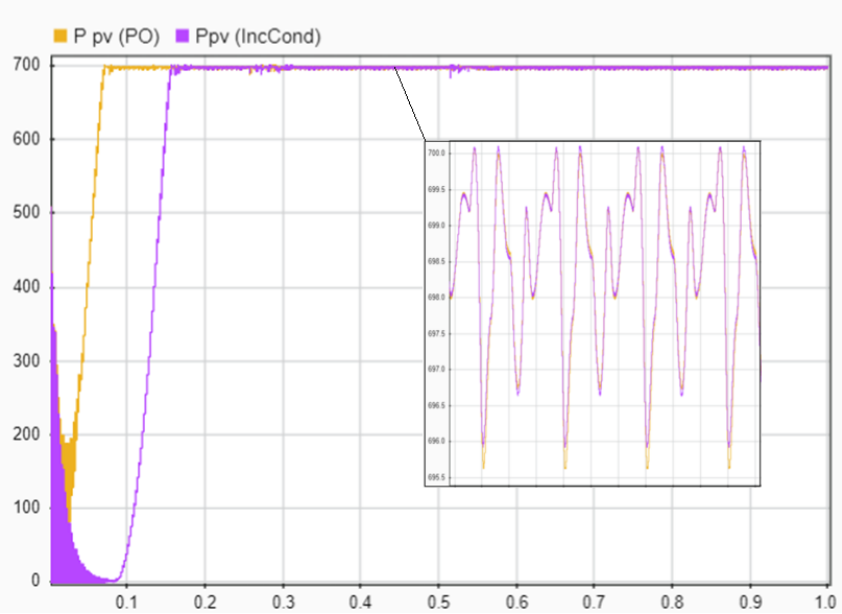


Рис. 7. Потужність фотоелектричного генератора в умовах STC для методів відстеження P&O та IncCond

Проведено моделювання роботи контролерів MPP при змінах у надходженні сонячної радіації на поверхню фотоелектричного генератора (табл. 3).

Таблиця 3. Вплив зміни надходження сонячної радіації на параметри методів відстеження MPP

Радіація, Вт/м^2	ΔP,%		η, %		Δt, c	
	P&O	IncCond	P&O	IncCond	P&O	IncCond
1000	2,19	1,85	99,87	99,87	0,014	0,014
800	1,87	1,64	99,77	99,83	0,015	0,015
600	1,87	1,74	99,83	99,81	0,080	0,225

Швидкість конвергенції для методу P&O майже в 3 рази більша, ніж для метода IncCond при зміні потоку опромінення в діапазоні від 0 до 600 Вт/м^2, для наступних діапазонів змін опромінення швидкість є однаковою (рис. 8). Амплітуда пульсацій потужності зменшується при зниженні рівня надходження сонячної радіації для обох методів, однак метод інкрементної провідності демонструє менші пульсації у всьому досліджуваному діапазоні світлових потоків. Зменшення надходження сонячної радіації приводить до зниження ефективності обох методів, і за низьких потоків випромінювання більшу ефективність демонструє метод збурення і спостереження.

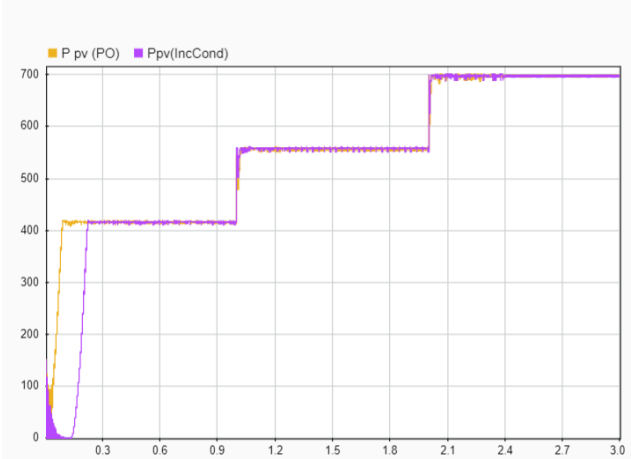


Рис. 8. Потужність фотоелектричного генератора в змінних умовах опромінення

Проведено дослідження впливу зміни температури фотоелектричного генератора на параметри методів відстеження MPP (табл. 4).

Таблиця 4. Вплив температури фотоелектричного генератора на параметри методів відстеження MPP

Температура, °C	ΔP,%		η, %		Δt, c	
	P&O	IncCond	P&O	IncCond	P&O	IncCond
10	2,61	1,72	99,86	99,85	0,075	0,16
25	2,37	1,97	99,87	99,87	0,01	0,01
40	2,23	2,37	98,19	98,20	0,01	0,01

Швидкість конвергенції, як і при зміні радіації, суттєво відрізняється для методів відстеження MPP тільки на початку моделювання (рис. 9). Зі збільшенням температури амплітуда пульсацій потужності для метода P&O зменшується, а для метода IncCond зростає. Ефективність обох методів має найвищі значення для умов STC та зменшується при відхиленні від них, особливо при зростанні температури.

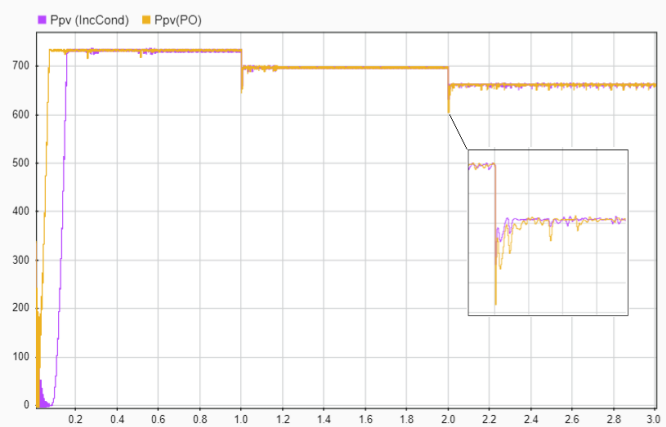


Рис. 9. Потужність фотоелектричного генератора при змінних температурах експлуатації

Висновки

В програмному середовищі Matlab/Simulink розроблено модель фотоелектричної системи на основі підвищувального імпульсного перетворювача постійного струму та трекера точки максимальної потужності, що працює на основі методів збурення і спостереження та інкрементної провідності. Проведено дослідження параметрів відстеження точки максимальної потужності в умовах змінних зовнішніх факторів, таких як потік сонячної радіації та температура фотоелектричного генератора.

Показано, що за низьких потоків сонячної радіації більшу ефективність демонструє трекер, що використовує метод збурення і спостереження, в той час як при наближенні до умов STC ефективність обох методів стає однаковою. Метод інкрементної провідності демонструє менші пульсації потужності, втім при низьких світлових потоках поступається методу збурень і спостережень за швидкістю конвергенції.

Зі збільшенням температури амплітуда пульсацій потужності для метода збурень і спостережень зменшується, а для метода інкрементної провідності зростає. Ефективність обох методів відстеження точки максимальної потужності зменшується при відхиленні температури фотоелектричного генератора від температури STC, особливо у бік вищих температур.

Література

1. Toure A., Tchoffa D., El Mhamedi A., Diourte B., Lamolle M. (2021). *Modeling and Control Maximum Power Point Tracking of an Autonomous Photovoltaic System Using Artificial Intelligence.* Energy and Power Engineering, 13, 428-447.
2. Saffar A. (2021). *Battery charge control for standalone PV system by using Matlab/Simulink*. Master of Science thesis. Karabuk University.
3. Sumathi S., Ashok Kumar L., Surekha P. (2015). *Solar PV and Wind Energy Conversion Systems*. Springer International Publishing Switzerland.

4. Seguel J., Seleme S., Morais L. (2021). *Comparison of the performance of MPPT methods applied in converters Buck and Buck-Boost for autonomous photovoltaic systems*. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 29 (2), 229-244.
5. Zaghba L., Borni A., Bouchakour A., Terki N. (2014). *Buck-boost converter system modelling and incremental inductance algorithm for photovoltaic system via Matlab/Simulink*. Revue des Energies Renouvelables SIENR'14 Ghardaïa, 63 – 70.
6. Chermittia A., Boukli-Hacene O., Meghebbar A., Bibitrikia N., Kherous A. (2014). *Design of a library of components for autonomous photovoltaic system under Matlab/Simulink.* Physics Procedia, 55, 199 – 206.
7. Sharma D., Ali S. (2018). *Modeling and analysis of maximum power point tracking algorithms using Matlab/Simulink*. International Journal of Advance Research in Science and Engineering, 7(2), 524-533.
8. Kumar M. (2017). *Modelling and simulation of compound PV-bess systems*. Master of Science thesis. Tampere University of technology.

MODEL OF THE SYSTEM "THE MACHINE – THE DISCRETE TECHNOLOGICAL ENVIRONMENT"

Bahrii O., Dorofieiev O.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The structure, features and requirements for the mathematical model of the contact interaction of machine elements with a discrete technological environment are considered. In addition to granular, loose, and dispersed materials, the discrete environment also includes soils, concrete, and rock materials in which stronger and harder particles are connected by weaker layers or separated by cracks. This wide class of materials is united by the characteristic features of their deformation and destruction, the dependence of their deformations and strength on the amount of compressive stresses, which is considered as a manifestation of internal Coulomb friction.
A mathematical model of interaction in the form of a boundary value problem of the theory of a rigid deformable body is described. Non-linear physical relationships of the environment reflect the features of deformation and destruction of discrete materials, established by the results of experimental studies. The algorithm for solving the formulated nonlinear boundary value problem is substantiated, which, unlike the iterative algorithms of the nonlinear theory of elasticity and the theory of plasticity, assumes an approach not to the "single curve" but to the deformation surface.
Keywords: Discrete environment, mathematical model, compressive stress, physical relations.

Introduction

Issues related to scientific justification and development of a mathematical model of the technical system "machine – discrete environment" are considered. Discrete means loose and granular materials, soils, concrete, rocks and other materials in which the structural particles are isolated or connected by weaker layers. Modeling the interaction of elastic elements with the environment is reduced to a contact problem, which takes into account the physical relations characteristic of the deformation of discrete materials.

The development of a mathematical model describing the process of interaction of a large class of machines: road construction, agricultural, transport and others with a discrete environment is a complex scientific and technical problem. Its solution opens up the possibility to determine the force, kinematic and energy parameters necessary for the design of machines and the evaluation of their operational capabilities through computer modeling, and ultimately - the development of an automated design system (CAD).

The simulated technical system includes the interacting elements of the machine, and the technological environment in contact with the working elements and supports of the machine. The interaction between details and between machine nodes is sufficiently studied in the theory of machines and mechanisms. In the scientific aspect the problem comes down to the justification of the model of interaction with the environment of the working elements and supports of the machine, which requires complex research.

Scientists from many countries have been modeling the work of machine elements in contact with the technological environment. The operation of these elements was studied on large-scale models or under natural conditions. A summary of the research results was published in the monographs of [1 – 4]. Presenting the results in the form of empirical dependencies does not allow them to be used to build a generalized mathematical model.

More perspective is mathematical modeling based on solving the contact problem of the theory of a solid deformable body. The known solutions of the linear theory of elasticity and the deformation theory of plasticity don't match enough with the experimental results because they do not consider the features of the deformation of discrete materials, primarily the dependence of shear strains on the value of average compressive stresses. This feature is considered as a manifestation of internal dry friction of discrete materials.

The purpose of the research results described in the article is the theoretical and experimental justification of a mathematical model of the interaction of machine elements with a nonlinear physically discrete medium, the laws of deformation of which consider the influence of dry Coulomb friction.

Features of discrete materials deformation

The computational model of interaction between the machine and the environment should combine various models of contacting objects. The regularities of deformation of the elastic elements of the machine are described by Hooke's law. Therefore, the feature of the formulated interaction problem fully refers to the discrete medium model, which is based on non-linear physical relationships that consider the influence of average compressive stresses on deformations.

The defining physical relations for discrete materials will be defined in a generalized form, considering them as dependencies between the main invariants of the stress tensor $I_\sigma^{(I)}, I_\sigma^{(II)}, I_\sigma^{(III)}$ and the invariants of the strain tensor $I_\varepsilon^{(I)}, I_\varepsilon^{(II)}, I_\varepsilon^{(III)}$.

The relationship between the third invariants $I_\sigma^{(III)}, I_\varepsilon^{(III)}$ evaluates the degree of coincidence of the type of stress and strain states. For discrete materials, it is practically not studied, therefore it is replaced by the condition of equality of Lode parameters [5]

$$\mu_\sigma = \mu_\varepsilon, \tag{1}$$

де $\mu_\sigma = \dfrac{2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}$;

$$\mu_\varepsilon = \frac{2\varepsilon_2 - \varepsilon_1 - \varepsilon_3}{\varepsilon_1 - \varepsilon_3}.$$

In our opinion, the influence of the dependencies between the third invariants can be neglected if the character of the dependencies between the first and second invariants, which describe the regularities of form change and volume change, are studied in the same types of stress-strain states in which the environment works in "nature".

Generally, the laws of volume change and form change for structurally homogeneous materials can be formulated in an invariant form as follows.

Regularities of volume change:

$$I_\sigma^I = KI_\varepsilon^I, \tag{2}$$

where $I_\sigma^I = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$ – the first invariant of the stress tensor;

$I_\varepsilon^I = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$ – the first invariant of the strain tensor;

K – is the modulus of volume deformation.

Regularities of form change:

$$I_\sigma^{II} = GI_\varepsilon^{II}, \tag{3}$$

where $I_\sigma^{II} = \sigma_x\sigma_y + \sigma_y\sigma_z + \sigma_z\sigma_x - \tau_{xy}^2 - \tau_{yz}^2 - \tau_{zx}^2$ – the second invariant of the stress tensor;

$I_\varepsilon^{II} = \varepsilon_x\varepsilon_y + \varepsilon_y\varepsilon_z + \varepsilon_z\varepsilon_x - \dfrac{1}{4}\left(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{zx}^2\right)$ – the second invariant of the strain tensor;

G – the shear modulus.

For discrete materials, these dependencies are much more complicated, as they are nonlinear at any stage of material deformation. The amount of the shear deformations is influenced by the amount of the average compressive stresses, and the regularities of form change cannot be described by a "single" deformation curve. Volume deformations depend both on the value of the first invariant I_σ^I and on the deformations of the shape change – I_ε^{II}. The regularities of deformation of discrete materials are also significantly influenced by the

mismatch of the parameters of the type of stress and strain states.

When modeling the operation of the elements of system "machine – discrete environment", two types of stress state are most often found: plane-strain, which occurs in the area of the working elements, and axisymmetric – in the area of the supports. In order to study the regularities of deformation under these conditions, the laboratory of the Khmelnytskyi National University created special devices for plane deformation [6] and triaxial compression [7].

The results of a series of experiments conducted on these devices, mainly with sandy soils, are presented in the form of dependencies between specially introduced invariants of stress and strain tensors [8, 9]. These invariants have a clear physical meaning.

Plane-strain state

Invariants include only stresses and strains acting in a plane perpendicular to the z axis, along which there are no strains ($\varepsilon_Z = 0$), and stresses σ_Z can be determined by Hooke's law.

The first invariants:

$$P = 0.5(\sigma_1 + \sigma_2); \tag{4}$$

$$\theta = \varepsilon_1 + \varepsilon_2, \tag{5}$$

where σ_1, σ_2 – the main stresses in the *xoy* plane;

P – average normal stress;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – main deformations in the *xoy* plane;

θ – volume deformation.

Second invariants:

$$S = 0.5(\sigma_1 - \sigma_2); \tag{6}$$

$$\Gamma = \varepsilon_1 - \varepsilon_2, \tag{7}$$

where S – maximum tangential stress in the xoy plane;

Γ – shear deformation along the plane with maximum tangential stress.

The law of change in the volume of a discrete material:

$$P = f(\theta, \Gamma) \quad \text{або} \quad P = K_{зм}\theta, \tag{8}$$

where $K_{зм} = G_{(P)} \cdot 2\dfrac{1+\mu}{1-2\mu}$ – is a variable modulus of volume deformation, the value of which depends on the reached level of deformation Γ and the value of the average compressive stress P.

The law of change of form

$$S = F(\Gamma, P). \tag{9}$$

The results of experimental research of the law of form change can be approximated by a fractional-linear function

$$S = \frac{a\Gamma}{b+\Gamma} P, \tag{10}$$

where a and b are approximating coefficients determined experimentally.

Axisymmetric stress state

The first invariants:

$$\sigma_0 = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3); \tag{11}$$

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{3}(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3). \tag{12}$$

In these equations σ_0, ε_0 – there are normal stresses and linear deformations along the octahedral plane, the normal of which is equally inclined to the main axes.

Second invariants:

$$\tau_0 = \frac{1}{3}\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}; \quad (13)$$

$$\gamma_0 = \frac{2}{3}\sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2}, \quad (14)$$

where τ_0 – tangential stress along the octahedral plane;

γ_0 – shear deformations along this plane.

The law of volume change is presented in the form of a function

$$\sigma_0 = f_1(\varepsilon_0, \gamma_0). \quad (15)$$

The law of form change is in the form

$$\tau_0 = F_1(\gamma_0, \sigma_0). \quad (16)$$

The results of experimental researches were approximated by power dependence

$$\tau_0 = A_0 \sigma_0 \gamma_0^{\alpha}, \quad (17)$$

where A_0, α – approximating coefficients.

Mathematical formulation of the problem

The problem is to determine the stresses, deformations and displacements at each point of the calculation areas in accordance with the specified boundary conditions and accepted calculation models of the materials of the area and the machine element in contact with it.

It is necessary to describe the stress-strain states of the machine element and the medium during their contact by mathematical tools.

The solution to the problem must satisfy the conditions of balance, inseparability of deformations and the physical relationship between stresses and deformations, which reflect the regularities of deformation of the materials of a discrete environment and the elements of the machine interacting with it. For plane deformation, the specified conditions have the following form.

The balance equation:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \dfrac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = \rho_x; \\ \dfrac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \dfrac{\partial \sigma_y}{\partial y} = \rho_y, \end{cases} \quad (18)$$

where ρ_x, ρ_y – projections of mass forces on the *x* and *y* axes.

The balance condition can be written by one matrix equation:

$$[B]^T \{\sigma\} = \{\rho\}, \quad (19)$$

where $\{\sigma\}$ – is the stress vector, $\{\sigma\}^T = \{\sigma_x \ \sigma_y \ \tau_{xy}\}$;

$\{\rho\}$ – is the vector of mass forces, $\{\rho\}^T = \{\rho_x \ \rho_y\}$;

$[B]^T$ – is the matrix of the differential operator,

$$[B]^T = \begin{bmatrix} \dfrac{\partial}{\partial x} & 0 & \dfrac{\partial}{\partial y} \\ 0 & \dfrac{\partial}{\partial y} & \dfrac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix}. \quad (20)$$

Geometrical equations of Cauchy:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}; \ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}; \ \gamma_{xy} = \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}. \quad (21)$$

In matrix form, the equations have the form:

$$\{\varepsilon\} = [B]\{u\}, \tag{22}$$

where $\{\varepsilon\}$ – is the strain vector, $\{\varepsilon\}^T = \{\varepsilon_x\ \varepsilon_y\ \gamma_{xy}\}$;

$\{u\}$ – the vector of displacements, $\{u\}^T = \{u_x\ u_y\}$.

Physical relations for elastic materials:

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\}, \tag{23}$$

where $[D]$ – matrix of elastic constants of the material,

$$D = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}\begin{bmatrix} 1 & \frac{\nu}{(1+\nu)} & 0 \\ \frac{\nu}{(1+\nu)} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \end{bmatrix}. \tag{24}$$

The equations for the stress-strain state of the medium differ only in nonlinear physical relations, which can be written in the form

$$\{\sigma\} = [D]_u\{\varepsilon\}, \tag{25}$$

where $[D]_u$ – is a matrix of elastic variable parameters of the material written in the form (23), but in it *E* and *v* are parameters whose value depends on the achieved level of the stress state and are found from relations (8), (9).

Boundary conditions have the following form:

$$\{u\} = \{u_S\} \quad \text{on } S_{(u)}; \tag{26}$$

$$[A]^T\{\sigma\} = \{R_S\} \quad \text{on } S_{(R)}. \tag{27}$$

The first equation represents the condition that the displacements of points on a part of the boundary $S_{(u)}$ are known and equal to $\{u_S\}$. The second equation describes the known relations between the given external load $\{R_S\}$ and the internal stresses $\{\sigma\}$ at the boundary $S_{(R)}$.

$$\sigma_x m + \tau_{xy} l = R_x;$$

$$\tau_{yx} m + \sigma_y l = R_y,$$

where *m*, *l* – direction cosines;

R_x, R_y – load projections;

$$[A]^T = \begin{bmatrix} m & 0 & l \\ 0 & l & m \end{bmatrix};\ \{R_S\} = \begin{Bmatrix} R_x \\ R_y \end{Bmatrix}.$$

For an axisymmetric stress state, equations (19), (22), (23), (25) differ only in the dimension of the matrices.

Conclusion

The considered static, geometric and physical equations, as well as boundary conditions, formulate the boundary value problem for discrete environment. By combining the relations of a discrete medium with the known equations of the theory elasticity for machine elements, we will obtain a mathematical formulation of the problem of contact interaction. Power or kinematic conditions on the contact surface are formulated according to the characteristics of the interaction of machine elements and environment.

Bibliography

1. Wong J. Y. (2008). *Theory of Ground Vehicles.* Wiley; 4th edition.

2. Горячкин В.П. и др. (1936). *Теория и производство сельскохозяйственных машин.* Сельхозгиз.
1. Зеленин А.Н. (1968). *Основы разрушения грунтов механическими способами.* Машиностроение.
2. Bekker M.G. (1969). *Introduction to Terrain-Vehicle Systems.* University of Michigan Press, Ann Arbor, M1.
3. Vyalov S. S. (1986). *Rheological fundamentals of soil mechanics.* Elsevier Science Ltd.
4. Багрій О.В., Ковтун В.В. (2013). *Обладнання та методика лабораторних випробувань зразків дискретних матеріалів в умовах плоскої деформації.* Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. № 2.
5. Дорофєєв О.А. (2004). *Математична модель взаємодії елементів машини з дискретним середовищем та методи її реалізації.* Хмельницький національний університет.
6. Багрій О.В. (2014). *Аналіз впливу внутрішнього кулонового тертя на деформування композитних матеріалів.* Проблеми трибології (Problems of Tribology). № 4.
7. Ковтун В.В., Дорофєєв О.А. (2011). Експериментальне обґрунтування вихідних положень механіки дискретного середовища і визначення розрахункових параметрів моделей. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. №3.

MANAGEMENT OF INNOVATION POTENTIAL IN THE FUNCTIONING SYSTEM OF THE ENTERPRISE

Berdychevskyi A.
Department of Economic Theory, Entrepreneurship and Trade,
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. It is specified that the relevance of the study of the management of innovation processes and the formation of innovation potential in the system of functioning of industrial enterprises is due, first of all, to the actualization of the structural restructuring of the economy in Ukraine, its orientation on the innovative basis, which is aimed at ensuring the competitiveness of national production and economic growth.
It was concluded that innovative activity is a complex concept that combines the flow of the main and accompanying innovation processes with the aim of obtaining the final result - an innovative product. Achieving the appropriate result is possible under the condition of considering the innovation process as an integral (generalizing) phenomenon and applying a comprehensive approach to the management of the innovative potential of the enterprise.
Given the fact that enterprises differ in size, spheres of activity, technological and other parameters, but all of them as systems have common features, it was concluded that management functions should be called objectively defined general directions or types of activity, the totality of which ensures effective cooperation of joint work. It is proposed to consider the nature and essence of each of the management functions in the enterprise's functioning system on the example of the functioning model of the simplest artificial system. It was determined that the structure of such a model contains two elements: a control element and an executive (controlled) element.
The construction of a block diagram of the logical sequence of the implementation of the main functions of management of innovative activities at enterprises is substantiated.
It was concluded that the need to plan innovative activities and strengthen its role in ensuring the stability of the development of enterprises in modern conditions is related to the expansion of the scale and complexity of innovative projects; the multivariate and probabilistic nature of innovative processes; the development of specialization and the expansion of cooperation in the field of innovation; spread of economic independence and increase of economic responsibility of organizations for the final result of innovative activity. All of the listed factors of the development of innovative activity objectively require a thorough planned development of management decisions in it. The classification of management systems for innovative activity and innovative potential of an industrial enterprise has been carried out.
It was concluded that targeted organizational and technical systems, including innovative potential management systems, have such properties that are provided by constructive and programmatic means of achieving the goals set by the enterprise. They can vary depending on the degree of responsiveness to environmental constraints according to programmed consequences.
Therefore, ensuring the unity of the principles of management of an industrial enterprise and management of innovative activity and innovative potential in it also determines the unity of their general system properties. As a result, the content of management of innovative potential should be based on the same properties of the system as the management of industrial production.
Keywords: innovations, innovation potential, potential management, management system.

The relevance of research into the management of innovative processes and the formation of innovative potential in the system of functioning of industrial enterprises is due, first of all, to the actualization of the structural restructuring of the economy in Ukraine, its orientation on the innovative basis, which is aimed at ensuring the competitiveness of national production and economic growth [5, 7].

Innovative activity is a complex concept that combines the flow of the main and accompanying innovation processes with the aim of obtaining the final result - an innovative product. Achieving the appropriate result is possible under the condition of considering the

innovation process as an integral (generalizing) phenomenon and applying a comprehensive approach to the management of the innovative potential of the enterprise.

Further, under the concept of "management of innovative activity and innovation potential" we will understand the management not of one of the main or accompanying innovation processes, but the management of their totality (flow) within the limits of one integral innovation process. At the same time, we will consider the management of a specific innovation process as an object of management, which is a component of the management of innovation potential.

Innovative processes are a rather specific, large-scale, complex and diverse management object, but, like other internal processes of the enterprise, they depend on the main functions of management.

On the other hand, management functions are decisive in the theory and practice of management activity, as they establish its essence and content taking into account its levels [1, 9, 16].

Review and analysis of literary sources showed that, in general, functions in management are divided into general and specific [1, 2, 3, 10, 16 and others]. Classically, general ones include: planning, organization, motivation and control.

Enterprises differ in size, spheres of activity, technological and other parameters, but all of them as systems have common features (characteristics). Among them, first of all, it is necessary to name management functions as objectively defined general directions or types of activity, the totality of which ensures effective cooperation of joint work [3, 8, 12]. The nature and essence of each of the management functions in the functioning system of the enterprise can be considered on the example of the functioning model of the simplest artificial system. The structure of such a model contains two elements: a control element and an executive (controlled) element.

The control element perceives: through the input channel an impulse from the external environment; through the feedback channel, pulses that relate to its own state and the state of the control system structure. Based on the received pulses, the control element starts to function. First, he determines the specific (quantitative) value of the output parameter, that is, formulates the purpose of the system's activity. Then it produces an impulse and sends it to the executive element (effector). This impulse has the character of a team.

The effector also perceives impulses from the external environment - these are the so-called obstacles that prevent the achievement of the control goal. Under the influence of the command of the control element and external obstacles, the effector begins to function. The result of his activity is the initial impulse. But before sending it to the external environment, the effector informs the control element about the execution of the received command through the feedback channel. Reconciling the information received from the effector with the previously determined goal of the system, the control element starts functioning again. If the results of the effector activity coincide with the goal, then the effector receives a command to send an output pulse to the external environment. In the event of a discrepancy, the control element produces new commands that correct the effects of the effector.

So, in the structure of the system, the control element performs very specific functions. First, it defines the purpose of functioning. Since the same goal can be achieved by different means, the governing element must choose one of them. At the same time, the means of achieving the goal is understood as the development of the algorithm of the transformation process, that is, the defined arrangement of operations that must be performed by members of the work team to achieve the goal. This means that the management element performs the function of planning the process of determining the purpose of the activity, predicting future development and combining collective (personal) tasks to obtain the expected final result.

Secondly, each operation of the transformation process must have a medium, that is, it must be performed by a certain element of this system. Thus, the implementation of the transformational process also involves the determination of who exactly should perform this or that specific operation and how the performers should interact with each other. These processes characterize the essence of the organization as a management function. Organization is the process of forming the structure of the system, the distribution of tasks, powers and responsibilities among the employees of the enterprise in order to achieve the general goal of its activity.

Thirdly, the effector in the system is in a subordinate state, and during the transformation process, he may refuse to fulfill his duties defined by the plan. Therefore, in order to achieve the set goal, a manager of any level must not only plan and organize work, but also force (motivate) employees to perform it. For this, it is necessary to create conditions under which the performers understood that they can satisfy their personal needs only when the achievement of the defined goals of the enterprise is ensured. This means that the guiding element must properly perform the function of motivation. Motivation is a process aimed at energizing the members of the work team to joint coordinated actions to achieve the set goal.

Fourth, in order to prevent the appearance of external obstacles and possible deviations from the expected results of the system's activity, the management element must set the parameters of the effector's activity, measure the achieved work results, compare them with the planned ones, if necessary, adjust activities, accumulate experience to improve planning. It is this that can explain the need for the management element to perform control functions.

These four main functions are closely related to each other in a single management process. Poor planning or imperfect organization, as well as weak work motivation or unsatisfactory control, negatively affect the results of the enterprise as a whole.

However, as the review of literary sources [1, 3, 11, 12, 13, and others] in management, in particular in the management of innovative activities, showed, the regulation function, which results from the control function, is not distinguished by all researchers, but its separation should be considered objective and necessary. The function of regulation is the last of the general functions of management, which is understood as the activity of eliminating deviations of the actual state of the object from the expected one [10, p. 264]. Taking this into account, it is important to emphasize that the management of the activity of an industrial enterprise, in particular, the innovative one, reflects a set of interrelated processes of planning, organization, motivation, control and regulation, which ensure the formation and achievement of the enterprise's goals.

Specific functions are implemented within general limits according to the object of management. Thus, the general function of management is the organization of the enterprise's activities, and the specific functions are the organization of financial, operational, investment, innovation and other types of activities of industrial enterprises [5, 8, 15, 17].

So, in accordance with the considered economic content of management functions, the management system of innovative activity as a specific management function and a subsystem of the general management system of the enterprise contains: innovation planning (formation of goals); organization of works related to the implementation of innovative activities; innovation motivation; control over implementation of innovative activities; regulation of management and innovation measures.

The relationship and logical sequence of the implementation of the main functions in the innovation management system are conditioned by feedback (Fig. 1).

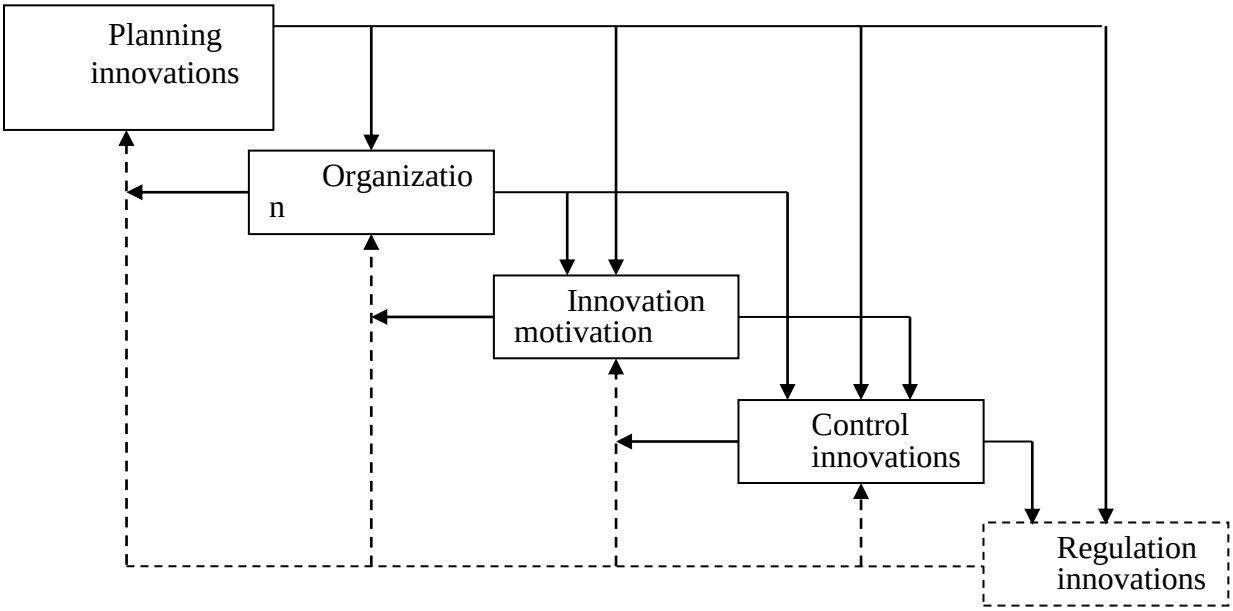


Fig. 1. Block diagram of the logical sequence of the implementation of the main functions of management of innovative activities at enterprises [according to 2, 5, 8, 10, 16]

The need to plan innovative activities and strengthen its role in ensuring the stability of the development of enterprises in modern conditions is associated with the expansion of the scale and complexity of innovative projects; the multivariate and probabilistic nature of innovative processes; the development of specialization and the expansion of cooperation in the field of innovation; spread of economic independence and increase of economic responsibility of organizations for the final result of innovative activity. All of the listed factors of the development of innovative activity objectively require a thorough planned development of management decisions in it.

As you know, planning as a function of managing innovative activity consists in substantiating the main directions and proportions of this activity in accordance with the forecasts and development goals made, the possibilities of resource provision, the innovative potential of the organization, and market demand. The planning function covers the entire range of activities, both from the development of planned tasks in the innovation process, and from their actual implementation. Moreover, some authors single out the forecasting function as a separate component that precedes all management functions [3, 16, 19].

The review and analysis of literary sources showed that management lacks an established approach to planning any type of activity, including innovative ones.

In particular, some authors refer [1, 4, 16] to planning tasks, which are actually stages of innovative activity planning: structuring the goals of innovative activity and bringing them to the executors; formation of a program of activities, scientific, technical and production tasks, the solution of which will ensure the achievement of the intended goals; interrelationship in time and space of intended goals, measures and performers; assessment of material, financial, scientific and technical resources necessary for the implementation of adopted innovative programs and projects; regulation of the process of performing types of work in accordance with innovative programs.

According to the target orientation, strategic, operational and current planning of the enterprise's innovative activities are distinguished. We can agree with the opinion of P. Zavlin that strategic planning as an element of strategic management of innovative activities consists in defining the organization's mission at each stage of its life cycle, forming a system of activity

goals and a strategy of behavior in innovation markets. At the same time, in-depth marketing research, large-scale forecasting developments are carried out, strengths and weaknesses of the organization, risks and success factors are evaluated [10, p. 301]. Strategic planning, as a rule, is focused on a period of five years or more.

The process of strategic planning in management is described in detail and objectively by M. Meskon, M. Albet and D. Hedouri [18, p. 98], which distinguish the stages of strategic planning and the stages of strategy implementation planning. At the same time, they consider strategic planning to be a set of actions and decisions applied by the manager, which lead to the development of specific strategies designed to help the organization achieve its goals.

Implementation of strategy in management involves: 1) formation of tactics for the implementation of goals; 2) development of a policy for the implementation of goals as a guide to actions and decision-making that facilitate the achievement of goals; 3) approval of task implementation procedures; 4) development of rules that should be followed when performing tasks to achieve planned results; 5) formation of the budget as a method of allocating resources for the realization of goals; 6) management by goals. The strategy involves the development of goals, planning of actions, inspection and evaluation of work, application of corrective measures.

Operational planning of the innovative activity of the enterprise has as its task the search and coordination of the most effective ways and factors of implementation of the adopted development strategy.

The specifics of the research object of innovative activity and, accordingly, its management processes require clarification of the goal of innovative activity and the stages of its planning. It is known that the system of goals of innovative activity is based on the definition of the general goal of the organization, namely: maximizing profit, increasing competitiveness, efficiency and effectiveness of production, etc. [14].

In view of this, we consider it necessary to reveal the content of forming the goals of innovative activity of enterprises as an important component of building an effective development strategy. The analysis and review of literary sources makes it possible to determine the main criteria for the classification of the goals of innovative activity and the construction of the ultimate goal of managing innovative activity.

Planning can end with the formation of a system of plans (a plan is the highest and most complex form (model) of the future, which involves the allocation of resources and a system of measures aimed at achieving set goals and objectives) [15]. The plan for the flow of innovation processes is a document that reflects the indicators characterizing the expected state of the main and accompanying innovation processes by stages of their implementation; the essence and sequence of activities for the implementation of tasks, which are defined by the plan.

The carried out analysis of the classifications of the goals of innovative activity and the determination of its purpose gives us the opportunity to state that only such planning can be effective, which is based on detailed and weighted goals. We agree with Yu. Morozov's opinion that the specified goals should have the form of a targeted innovation program - the basis for building an enterprise's innovative strategy and tactics.

Innovative activity in industry is not carried out autonomously, but in connection with all types of activities inherent in the production system. Effective use of its results in production presupposes purposeful management of this process, and at the same time organization of its clear and agreed implementation according to specific production tasks. This will make it possible to implement each measure related to innovation activity not autonomously, but in interaction with all activities of the production system.

The outline allows formulating the concept of management and development of the enterprise's innovative activity in a competitive market environment.

The management of innovative activities is an integral part of the management of the production system. However, based on the high dynamism inherent in the market activity of enterprises, management is also highly dynamic, and therefore, in accordance with this dynamic, the nature of the manifestation of management processes in it also changes, changing its content to a certain extent.

In the modern economy, significant innovative changes are taking place in all spheres of activity, including management. As for the management of innovative activities, the study will go from the content of changes in production management in general to the content of changes in the management of innovative activities, which have a lot in common at their core.

Therefore, it is possible to single out the following types of innovative activity management systems, which, like general management systems, are classified according to the following characteristics (Fig. 2): A – according to the nature of goal achievement; B – according to the method of development and implementation of changes; B – according to the connection of system flows with the external environment.

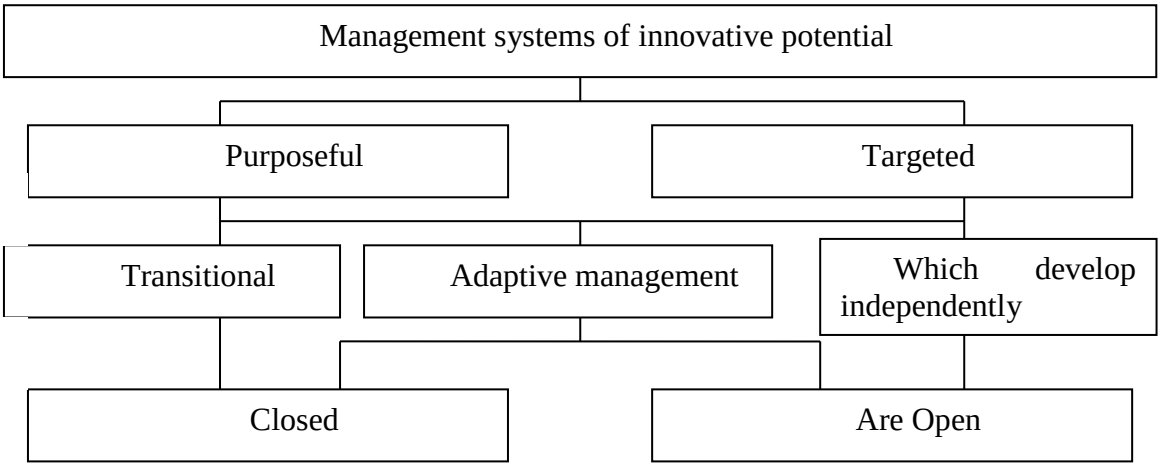


Fig. 2. Classification of innovative activity management systems

Targeted organizational and technical systems have such properties, which are provided by constructive and programmatic means of achieving the goals set by the enterprise. They can vary depending on the degree of responsiveness to environmental constraints according to programmed consequences.

The properties of open systems make it possible to single out the main ones that give the most correct, realistic idea of the specifics of the functioning of enterprises in a competitive environment and the problems of their development. Systematization and assessment of the influence of these properties on the process of the emergence and formation of systems and the solution of specific system problems make it possible to identify a complex of properties and the nature of their changes, which are directly related to innovative activity.

Taking into account the specifics of innovative activity, these properties for an industrial enterprise are as follows:

- System integrity. This property determines the relationship of all innovation management subsystems. Structurally, this mechanism can be imagined in the form of two interdependent blocks: a functional subsystem and subsystems that provide functionality. Each subsystem and each of its individual elements affect the effectiveness of managing the creation of innovation as a whole. Functional subsystems are economic, organizational, legal; subsystems that provide functionality - methodological, informational, material, personnel. The most important condition for the realization of the property of integral interaction is the requirement of complexity, that is, the unity of all subsystems of the innovation activity management mechanism.

- Target orientation of the system. A systematic representation of the goals of innovative activity is necessary for choosing directions for its development, analyzing possible alternative options for the process of developing a new product, and forming an organizational structure for managing this activity. This property is the basis for the creation of complex target programs for the management of innovative processes. In the cycle of implementation of such programs, four levels can be distinguished: formation of the main direction of the innovation process, determination of the sequence of actions to achieve the main goal - creation of innovation; planning the innovation process, determining the necessary resources and performers; elimination of possible deviations of the innovation process from the plan and development of a decision to transfer the result of the innovation process to the next stage; review and adjustment of the program due to control and analysis of changes that occur at all stages of the innovation life cycle.

It should be noted that the property of target orientation is the basis of the management decision-making process. From the point of view of the systemic approach, any decision is interpreted as a choice from many possible ways of action aimed at achieving the set goal.

- Hierarchy of the system. It involves the involvement of different levels of the enterprise in the innovation process, from the development of a scientific concept to the creation of an experimental sample, and involves the participation of scientific, technical and production subsystems in this process.

- System stability and adaptability. These properties provide for the creation of competitive innovations and the rapid adaptation of the innovation management system to the external environment to ensure the dynamics of the enterprise's development in market conditions.

- System growth. It agrees with the properties of stability and adaptability and provides for the functioning of the management system of innovative activity in dynamics, which ensures its constant development, in particular, the development of the information space.

- Evolution of the system. Management of innovative activity requires a constant search for opportunities for its more effective implementation in changing conditions.

Therefore, ensuring the unity of the principles of management of an industrial enterprise and the management of innovative activities on it presupposes the unity of their general system properties. As a result, the content of the management of innovative activities should be based on the same properties of the system as the management of industrial production.

References

1. Брич В.Я., Пуцентейло П.Р., Костецький Я.І., Гунько С.І. Смарт-спеціалізація як драйвер системи інноваційного регіонального розвитку. Інноваційна економіка. 2022. №1. С.17-23
2. Варналій З. С., Романюк М. В. Стратегічні пріоритети. - 2017. - № 4. - С. 5-15. - URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/spa_2017_4_3
3. Василенко В. О. Інноваційний менеджмент : навч. посіб. / В. О. Василенко, В. Г. Шматько ; [за ред. В. О. Василенка]. - 3-е вид., виправл. та доповн. - К. : Центр навч. літ., 2005. - 440 с.
4. Геєць В. М. Інноваційні перспективи України / В. М. Геєць, В. П. Семиноженко. - Харків : Константа, 2006. - 272 с.
5. Геєць В. М. Інноваційна Україна 2020: національна доповідь / за заг. ред. В. М Гейця, А. І Даниленка, ЕМ Лібанової та ін.–К., 2015.–336 с
6. Гончар О. І. Формування комплексу елементів інноваційного забезпечення механізму управління потенціалом підприємства / О. І. Гончар // Актуальні питання комплексного оцінювання інноваційної діяльності промислових підприємств : моногр. - Хмельницький : ХНУ, 2017. - С. 218-272.

7. Гончар О.І. Інноваційність - сучасна умова розвитку підприємницького потенціалу / О.І. Гончар, В.В. Хачатрян // Підприємництво і торгівля : зб. наук. пр. - Львів : вид-во Львівсь-кого торговельно-економічного університету, 2018. - Вип. 23 - С. 77 - 81.- Режим доступу : http://journals-lute.lviv.ua/index.php/pidpr-torgi/issue/view/3
8. Гончар О.І. Особливості парадигми технологічного оновлення промислових підприємств в контексті сталого розвитку / О.С. Свістунов, О.І. Гончар // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". Серія: "Економічні науки". - 2020. - № 5.
9. Ілляшенко С. М. Управління інноваційним розвитком: проблеми, концепції, методи : навч. посіб. / С. М. Ілляшенко. - Суми : ВТД "Універ. книга", 2003. - 278 с.
10. Інноваційний механізм управління суб'єктами господарювання : моногр. / [П. П. Микитюк, Ж. Л. Крисько, В. І. Гринчуцький та ін.] ; за заг. ред. П. П. Микитюка. - Тернопіль : Екон. думка, 2014. - 450 с.
11. Касич А. О. Інноваційно-інвестиційні проєкти як умова підвищення ефективності системи управління в будівництві. Інвестиції: практика та досвід. 2020. № 13-14. С. 26-31.
12. Кузьмін О. Є. Формування та використання інвестиційних портфелів підприємства: методологія : моногр. / О. Є. Кузьмін, О. Г. Мельник, О. С. Скибінський. - Львів : Центр Європи, 2017. - 192 с.
13. Микитюк П. П. Інвестиційно-інноваційний менеджмент : навч. посіб. / за заг. ред. П. П. Микитюка. - Тернопіль : Екон. думка, 2015. - 452 с.
14. Тарасюк Г. М., Тарасова В.І. Управління інноваційною діяльністю як передумова інноваційного розвитку підприємства. Науково - практичний журнал "Регіональна економіка та управління". 2018. №4(22). С.119-123.
15. Brych, V., Mykytyuk, P., Halysh, N., Borysiak, O., Zhekalo, G., & Sokol, M. (2021). Management Model of Energy Enterprises Innovative Development Within Physiological Working Conditions. Prop?sitos Y Representaciones, 9(SPE3), e1173.
16. Gonchar O. Modernization as a factor of innovative development of the enterprise / O. I. Gonchar, O. S. Svistunov, T. S. Trotsykovsky // Економічний журнал Одеського політехнічного університету. - 2020. - № 3 (13). - С. 100-104. - URL.: https://economics.opu.ua/ejopu/2020/ No3/100.pdf.
17. Kim W. C. Blue Ocean Strategy: How to Create Uncontested Market Space and Make the Competition Irrelevant / W. C. Kim, R. Mauborgne. - [Expanded edition]. - Boston : Harvard Business School Press, 2015.
18. Мескон М. Х. Основы менеджмента / Мескон М. Х., Альберт М., Хедоури Ф. ; пер. с англ. – М. : Дело, 1992. – 800 с.
19. Vivchar O., Ziailyk M. Dynamics of innovative marketing components. Socio-Economic Problems and the State : electronic journal. 2021. Вип. 2 (25). С. 281-286. URL: http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2021/21voiimc.pdf

ANALYSIS OF FIRE PARAMETERS AND SMOKE EMISSION OF RIGID POLYURETHANE FOAMS MODIFIED WITH BIO-POLYOL CONTAINING SULFUR HETEROATOMS

Borowicz M., Paciorek-Sadowska J., Isbrandt M.
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Wydział Inżynierii Materiałowej, Poland

Abstract. The presented research concerns the synthesis of rigid polyurethane/polyisocyanurate foams using a bio-polyol based on white mustard oil (Sinapis alba) containing sulfur heteroatoms and examining its impact on the flammability and smoke emission of these materials. The test method using a cone calorimeter according to ISO 5660:2015 standard was used to determine fire and smoke-emission properties. During one test, the following parameters were determined: time to ignition (TTI), heat release rate (HRR), maximum of heat release rate (pHHR), time to achieve maximum of heat release rate (tpHRR), total heat released per unit area of the analyzed material (THR), effective heat of combustion (EHC), mass loss rate (MLR), mass lost, total smoke production (TSP), gas release rate (CO, CO2), total smoke release (TSR). Analysis of fire and smoke-emission properties using the cone calorimeter method confirmed that materials based on bio-polyols posed a lower fire risk than the reference material based on commercial raw materials.

„This work was co-financed by the Polish Minister of Science under the program "Regional Initiative of Excellence (RID/SP/0048/2024/01)"

Keywords: bio-polyol, white mustard seed, polyurethane foam, flammability, smoke emission.

Introduction

The development of civilization causes a global crisis. Humanity's relationship with the natural environment is disrupted because the natural environment is being degraded. Balancing the development of civilization and the proper functioning of nature is extremely difficult and complicated. The doctrine that is supposed to combine these two principles is sustainable development. It presents solutions to protect society, the natural environment and the economy. The doctrine of sustainable development involves combining environmental protection and socio-economic development. The doctrine of sustainable development involves combining environmental protection and socio-economic development. It assumes improving the quality of life of contemporary and future generations without disturbing the natural environment [1-3]. With this in mind, it is necessary to look for solutions that will both protect the natural environment and, at the same time, develop the current state of technology.

The solution combining both aspects is the use of easily renewable raw materials for the synthesis of polymeric materials, which so far have been obtained only from raw materials derived from crude oil processing. An example of this type of materials are polyurethanes. These materials are commercially obtained mainly from products of petrochemical origin. However, work has been underway for many years to replace some of the ingredients for their production with renewable raw materials. Research work is largely focused on the chemical modification of vegetable oils in order to obtain their appropriate chemical functionality, which is very important from the point of view of the synthesis of polyurethane materials. An example of this type of activities is the use of unrefined white mustard (*Sinapis alba*) oil for the synthesis of polyhydric alcohols, also called polyols. These compounds are used as an alternative to petrochemical polyols based on, among others, propylene oxide or ethylene oxide.

White mustard is an annual plant belonging to the cabbage family (*Brassicaceae*), which reaches up to 100 cm in height in a short vegetation period of about 85 - 95 days. White mustard assimilates well in dry and warm climates, therefore it is suitable for cultivation in areas with plenty of sunlight and little rainfall. It is usually grown in rotation with cereal crops as a green fertilizer. Global production of white mustard is approximately 685 thousand tones. The largest producers of these seeds include: Nepal, Canada and Ukraine, which account for over 20% of

world production [4]. White mustard oil is characterized by a high content of unsaturated fatty acids (over 97% of all fatty acids). Due to these parameters, after appropriate chemical transformations, it can be used as a raw material for the synthesis of bio-polyols and the production of polyurethane materials.

As part of this study, the impact of different contents of bio-polyol based on white mustard oil (obtained in accordance with a patented method [5]) on the fire and smoke-emission properties of rigid polyurethane-polyisocyanurate foams (SPPUR/PIR) was assessed. A series of foams was obtained in which polyol of petrochemical origin was replaced with bio-polyol, every 10 parts by weight of polyol (php). The synthesized foams were subjected to flammability testing using the cone calorimeter method according to ISO 5660:2015 standard, which allows for a detailed characterization of fire and smoke-emission parameters. This research carried out was aimed at demonstrating the influence of sulfur heteroatoms contained in bio-polyol on the ability to reduce the flammability of polyurethane materials obtained on their basis, which consequently improves fire safety [6].

EXPERIMENTAL PART

Materials

11 types of foams were used to test the fire and smoke-emission properties: 10 foams modified with different contents of bio-polyol and 1 foam without bio-polyol, which constituted a reference sample (Ref.). The formulations of the tested foams are presented in Table 1.

Table 1. Formulations of the tested polyurethane/polyisocyanurate foams

Foam symbol	Polyol (g)	Bio-polyol (g)	Surfactant (g)	Amine catalyst (g)	Organometallic catalyst (g)	Blowing agent (g)	Isocyanate (g)
Ref.	100,00	0,00	8,00	4,72	11,76	4,30	370,34
P3.10	90,00	10,00	8,08	4,76	11,88	4,34	375,16
P3.20	80,00	20,00	8,16	4,80	12,00	4,40	379,76
P3.30	70,00	30,00	8,24	4,84	12,10	4,45	384,38
P3.40	60,00	40,00	8,32	4,90	12,22	4,50	389,00
P3.50	50,00	50,00	8,40	4,94	12,34	4,56	393,62
P3.60	40,00	60,00	8,48	4,98	12,46	4,62	398,24
P3.70	30,00	70,00	8,54	5,02	12,58	4,66	402,86
P3.80	20,00	80,00	8,62	5,08	12,68	4,72	407,46
P3.90	10,00	90,00	8,70	5,12	12,80	4,78	412,08
P3.100	0,00	100,00	8,78	5,18	13,02	4,86	421,32

A polyether polyol with the trade name Rokopol RF-551 (a product of sorbitol oxyalkylation with L_{OH} = 420 mg KOH/g produced by PCC Rokita, Brzeg Dolny) and a bio-polyol based on white mustard oil containing sulfur heteroatoms (produced by the Department of Chemistry and Technology of Polyurethanes, UKW, Poland) with L_{OH} = 471.56 mg KOH/g was used for the production of rigid PUR/PIR foams. Purocyn B, a technical polyisocyanate supplied by Purinova Ltd. (Bydgoszcz, Poland), was used as the isocyanate raw material for the synthesis of foams. Its main ingredient was 4,4'-diphenylmethane diisocyanate. The content of free NCO groups was 31%. The catalysts for obtaining the foams were anhydrous potassium acetate (Chempur, Piekary Śląskie, Poland) used as a 33% solution in diethylene glycol (Chempur, Piekary Śląskie, Poland) and DABCO (1,4-diazabicyclo[2,2,2]octane, Alfa Aesar, USA) used also as a 33% solution in diethylene glycol. The structure stabilizer of the foams was the polysiloxane-polyoxyalkylene surfactant Tegostab B8460 (Evonik, Germany). Carbon

dioxide, formed *in situ* in the reaction of polyisocyanate excess with distilled water, was used as the blowing agent.

The rigid polyurethane/polyisocyanurate foams for testing were obtained on a laboratory scale in a one-step method, from a two-component system (A and B) in an equivalent ratio of –NCO to –OH groups of 3:1. The amount of the isocyanate raw material was increased by 0.7 equivalent of -NCO groups. It was necessary to react the isocyanate groups with distilled water to produce the blowing agent - carbon dioxide. Component A was obtained by thoroughly mixing (1800 rpm, 10 s) appropriate amounts of polyol, bio-polyol, catalysts, surfactant and distilled water. Component B was Purocyn B. Components A and B were mixed (1800 rpm, 10 s) in the appropriate mass ratio and poured into a metal cuboidal mold, where the foam rose freely. After removal from the mold, the obtained foams were thermostated for 4 h at 120^{o}C.

Testing of fire and smoke-emission properties

Test method using a cone calorimeter manufactured by Fire Testing Technology (UK) in accordance with the ISO 5660:2015 standard was used to determine fire and smoke-emission properties. In the study, standardized samples were exposed to thermal radiation emitted by a hot cone. The tested samples had dimensions of 100 x 100 x 50 mm. Thermokinetic quantities were determined based on the theory of calorimetry on oxygen consumption. This method is based on the theory that approximately 13.1 kJ of heat is released from each 1 g of oxygen consumed with an accuracy of ± 5%. The samples to be tested were placed in a horizontal position, and the reaction was initiated by igniting the vapors generated above the material as a result of the heat stream emitted by the heated cone. The intensity of thermal radiation to which the samples were exposed was 50 kW/m^2. The end of flame combustion was equivalent to the end of material testing. The results obtained during a single test include:

- time to ignition (TTI),
- heat release rate (HRR),
- peak of heat release rate (pHHR) – defined as the maximum rate of heat release,
- time to achieve pHRR (t_{pHRR}),
- total heat release (THR),
- effective heat of combustion (EHC),
- mass loss rate (MLR),
- mass lost,
- total smoke production (TSP),
- rate of gas release e.g. CO, CO_2,
- total smoke release (TSR).

The appearance of the cone calorimeter and the sample during the test is shown in Figure 1.



Fig. 1. Cone calorimeter and sample during combustion in the calorimeter

Results and discussion

11 samples of rigid polyurethane/polyisocyanurate foams were burned during the test. Based on the results obtained, the fire and smoke-emission parameters of the analyzed materials were determined. Selected parameters are presented in Figures 2 - 4.

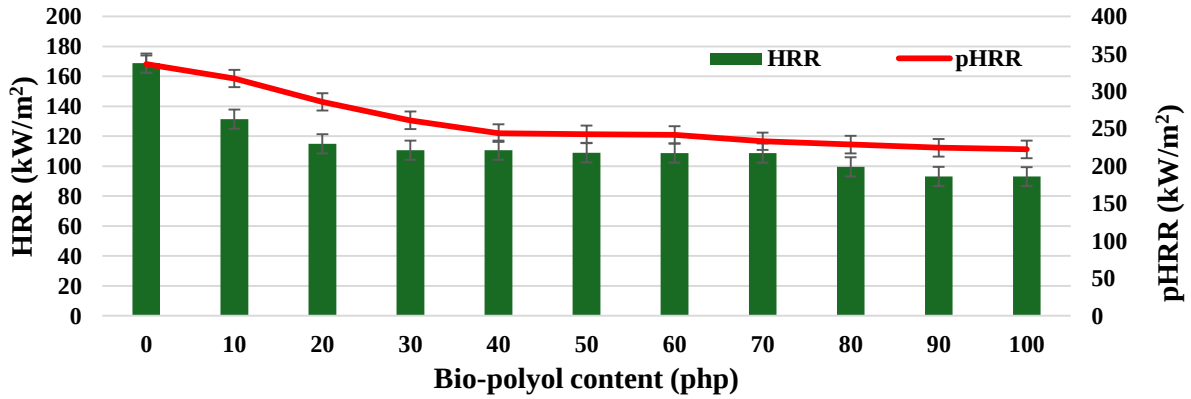


Fig. 2. Dependence of HRR and pHHR on the content of bio-polyol

From the point of view of fire safety, a very important factor determining the intensity of a fire is the heat release rate (HRR) and the maximum value of heat release rate (pHRR). These parameters refer to the amount of energy (heat) released per unit of time. In the case of using bio-polyol containing sulfur heteroatoms, a reduction in the heat release rate (from 150 kW/m^2 for the reference foam to 95 kW/m^2 for the foam obtained only on bio-polyol) and the value of pHRR (from 330 kW/m^2 for the foam reference up to 220 kW/m^2 for foam without petrochemical polyol) was each time noted. This is very beneficial in terms of improving fire resistance.

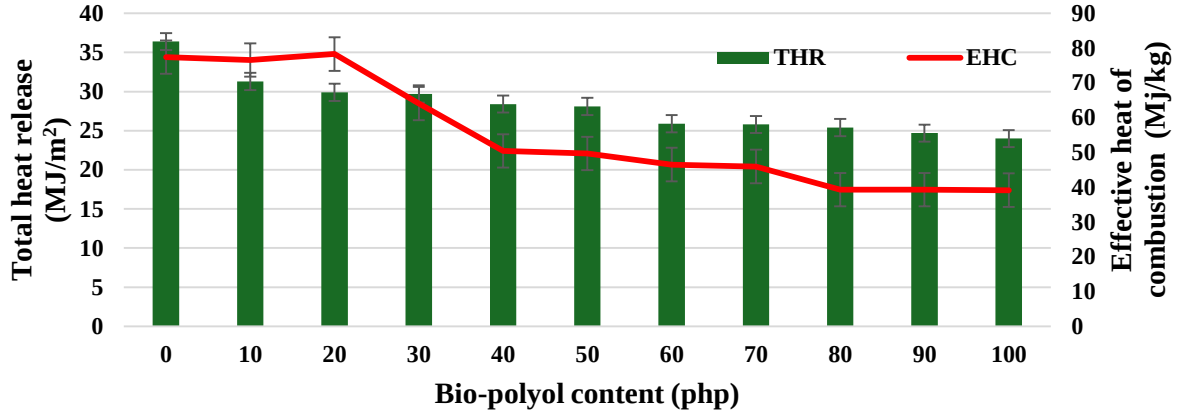


Fig. 3. Dependence of THR and EHC on the content of bio-polyol

Similarly to the heat release rate during combustion, parameters such as total heat released (THR) and effective heat of combustion (EHC) were also reduced. The obtained results showed that the analyzed materials containing increasingly higher contents of bio-polyol based on mustard oil with sulfur heteroatoms were characterized by increasingly lower values of these parameters. In the case of THR, a change in the value was noted from 36 MJ/m^2 for foam without bio-polyol to 24 MJ/m^2 for foam obtained only on the basis of bio-polyol. Foams using a mixture of petrochemical polyol and bio-polyol had values in the range of 24-36 MJ/m^2. The values of the effective heat of combustion were reduced from 80 MJ/kg for the reference foam based on petrochemical polyol to 40 MJ/kg for the foam obtained from bio-polyol containing sulfur heteroatoms. The obtained results confirm that the presence of an element such as sulfur in the polyurethane matrix measurably reduces the flammability of the material, even despite the use of vegetable oil as its "carrier".

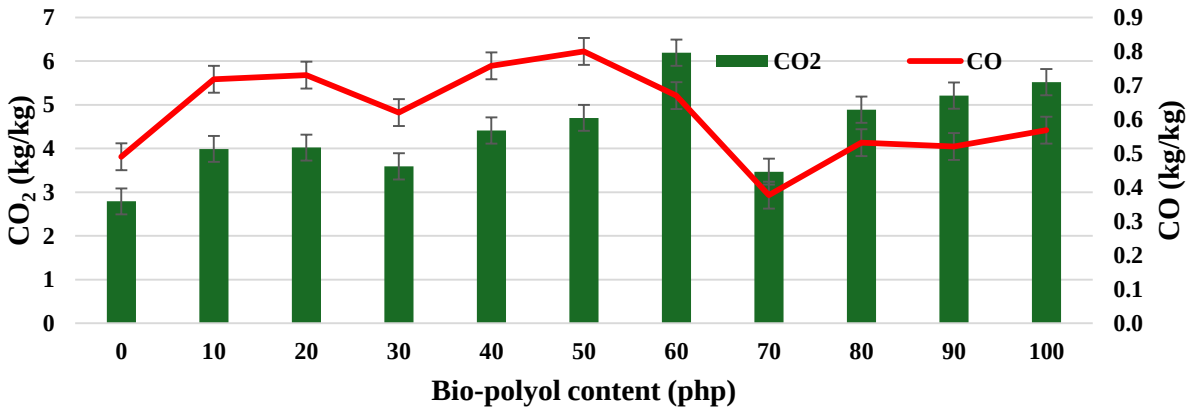


Fig. 4. Dependence of CO_2 and CO emissions on the bio-polyol content

During a fire, smoke is also a very serious threat. It is produced as a product of the material's reaction to flame (oxidizing atmosphere) and very high temperature. Most often, it consists of carbon dioxide, carbon monoxide, volatile low-molecular chemical compounds and soot. In the case of the analysis of total smoke released (TSR), a decrease in the value of this parameter was noted for the bio-polyol-based foam (758.60 m^2/m^2) in comparison with the reference foam (1079.20 m^2/m^2). In practice, this means that the presence of bio-polyol reduces smoke emissions during combustion. This is a consequence of reducing the flammability of the material. Sulfur as a flame retardant element works already in the gas phase by extinguishing oxidizing radicals from the flame. In the case of CO_2 and CO emissions, it was shown that the use of bio-polyol resulted in a two-fold increase in carbon dioxide emissions, but did not significantly affect the amount of toxic carbon monoxide emissions. From a practical point of

view, this is a very beneficial phenomenon, because the use of liquid flame retardants can increase smoke emissions during a fire by up to 10 times.

Conclusion

Rigid polyurethane/polyisocyanurate foams were obtained using a bio-polyol based on white mustard oil containing sulfur heteroatoms. 11 types of foams with different contents of bio-polyol were obtained, from 0 to 100 parts by weight of polyol in the formulation. Analysis of fire and smoke-emission properties using a cone calorimeter confirmed that materials based on bio-polyols posed a lower fire risk than the reference material based on commercial raw materials.

„This work was co-financed by the Polish Minister of Science under the program "Regional Initiative of Excellence (RID/SP/0048/2024/01)"

References

1. Satti S. M., Shah A. A. (2020). Polyester-based biodegradable plastics: an approach towards sustainable development. Letters in applied microbiology, 70, 6, 413-430.
2. Kerscher U. (2019). Towards a sustainable future? The EU policies concerning plastics and their didactical potential for primary and secondary teaching. Discourse and Communication for Sustainable Education, 10, 1, 47-62.
3. Rondinelli D. A., Berry, M. A. (2000) Environmental citizenship in multinational corporations: social responsibility and sustainable development. Eur. Manag. J., 18, 1, 70-84.
4. Mitrovic P. M., Stamenkovic O. S., Bankovic-Ilic I., Djalovic I. G., Njezic Z. B., Farooq M., Veljkovic V. B. (2020). A Review of Biodiesel Production From White Mustard (Sinapis alba L.) Oil. Frontiers in Plant Science, 11, 299.
5. Paciorek-Sadowska J.; Borowicz M.; Czupryński B.; Liszkowska J. (2019). Pat.PL-233221.
6. Borowicz M., Paciorek-Sadowska J., Isbrandt M. (2020) Synthesis and application of new bio-polyols based on mustard oil for the production of selected polyurethane materials. Ind Crop Prod., 155, 112831.

LEARNING ENTREPRENEURSHIP THROUGH OWN MINI – COMPANY ACTIVITIES

Borovyk D.[1], Borovyk N.[2], Horiashchenko S.[1]
[1]Khmelnytskyi National University, Ukraine
[2]Lisovodsky Professional Agrarian Lyceum, Ukraine

Abstract. In the modern world, youth entrepreneurship plays a crucial role in shaping the economic potential and social development of society. This article focuses on exploring the promising opportunity that offers young entrepreneurs new avenues in the field of entrepreneurship. The authors analyze and systematize the key aspects of youth entrepreneurship, discuss innovative strategies, and challenges faced by youth in this sphere. Current trends and opportunities for the development of youth entrepreneurship in contemporary conditions are highlighted. Special attention is given to the impact of technology and social networks on fostering entrepreneurial activity among youth. The research results underscore the importance of supporting and fostering youth entrepreneurship as a key factor for sustainable economic growth and societal innovation.
Keywords: youth entrepreneurship, leadership, business, Junior Achievement Ukraine, mini-companies.

Introduction

In the process of Ukraine's recovery after the war, it is crucial to actively engage the workforce with skills such as entrepreneurship, creativity, communication, and teamwork, as success in the modern economy largely depends on them. Support for entrepreneurial activities among youth provided by the Non-Governmental Organization "Junior Achievement Ukraine" is significant in this process. Despite the challenges faced by the educational sector due to the war, collaboration with JA leads to an increase in the number of young people receiving entrepreneurial education. This contributes not only to the recovery of the economy and development of communities but also creates opportunities for personal success in the future on their own land, unleashing their potentials and ambitions.

Supporting youth in their development and discovering their abilities is crucial for Ukraine's economic recovery, especially in the coming years. Migration, whether internal or external, temporary or permanent, underscores the need for flexibility and adaptation of young Ukrainians to changes in the labor market.

The key to their future success lies in the accessibility of practical educational opportunities aimed at developing entrepreneurial thinking, starting from schooling, and mastering financial instruments necessary for starting their own businesses.

Ukraine has already embarked on a series of ambitious reforms in both general and vocational education. These changes are aimed, among other things, at transitioning to a competency-based approach and increasing the practical component in education through closer interaction with the private sector.

Modern entrepreneurship education programs for youth should include a component of digital skills training, such as online teamwork, business collaboration, and process management. Financial literacy education should provide practical information on budgeting tools, saving, and investing in the era of online banking and cryptocurrencies.

Changing youth aspirations, implementing modern technological teaching methods, and early exposure to real entrepreneurial experiences are important priorities for Ukraine and its international partners.

The goal of Junior Achievement's activities is to prepare youth for the job market and develop their entrepreneurial skills for a successful future. Funding for Junior Achievement is provided by companies, institutions, foundations, and individuals.

The Company's program allows students to transform their business ideas into reality by creating their own companies and gaining management experience. Program participants learn to develop business plans, execute production and sales plans, create effective presentations, and control the quality of products or services.

The entrepreneurship course "Company" is based on practical teaching methods that encourage students to seek new information and adapt to changes. This aligns with the modern requirements of the economy, where young and adaptable individuals capable of self-realization are needed.

Programs such as "Entrepreneurship Camps" begin with intensive two-day events where participants form teams, develop business ideas, analyze them, and present them to a jury. This allows youth to gain not only knowledge but also practical skills for their future careers.

Participants in educational programs receive support from volunteer consultants who represent active business structures. They provide mentorship support and coordinate the activities of student companies.

Upon successful completion of the "Company" program, participants have the opportunity to receive an international "Entrepreneurial Skills Pass" (ESP) certificate, which confirms their entrepreneurship skills.

Junior Achievement has been successfully operating since 1919. In today's world, entrepreneurship plays a key role, and the development of youth entrepreneurship is facilitated by the Non-Governmental Organization Junior Achievement Ukraine.[1]

Even in the area affected by russian aggression, Junior Achievement programs continue to develop thanks to the support of partners and government agencies. Companies and organizations such as Citi, MetLife, WNISEF, the Ukrainian Startup Fund, as well as ministries of education and state administrations, play a role in this. Through joint support in Ukraine and Europe, Junior Achievement fosters entrepreneurship skills necessary for the country's economic recovery.

Junior Achievement Ukraine is part of the global network of JA Worldwide, founded in 1919 in the United States to support youth entrepreneurship. The organization is one of the largest and most effective non-governmental organizations in the world working for youth.

Junior Achievement programs reach over 10 million people annually in 100 countries worldwide with entrepreneurship, financial literacy, and workforce readiness education. A distinctive feature of the education is the active involvement of mentors from the private sector who provide practical experience of successful entrepreneurship.

Participants in the programs acquire leadership skills in the economic development of their countries and communities. Workforce readiness programs help young people choose their future career paths and acquire necessary education. Participants have the opportunity to intern alongside experienced professionals, gain digital skills, and develop practical business experience.

Entrepreneurship education programs lay the foundation for an entrepreneurial career. Through participation in these programs, youth work on developing innovative products, securing funding, and marketing strategies.

As of 2023, over 15 million students worldwide are enrolled in Junior Achievement programs in more than 100 countries.

Junior Achievement programs contribute to the development of career ambitions, increase employment rates, and foster entrepreneurial skills. They also promote entrepreneurial culture in educational institutions and engage key players from the private sector.

External evaluations show that graduates of Junior Achievement (JA) programs in Sweden find employment on average within 4 months of completing their education, significantly less than the average youth who typically seek employment for at least 11 months.

Research conducted in Norway showed that JA graduates have a 12% higher average income and are 44% more likely to hold managerial positions compared to other graduates.

JA, the largest non-governmental and non-profit organization in Europe, actively works on developing entrepreneurship education for youth. In 2022, over 4 million young people in Europe were enrolled in JA programs. Through a partnership with the German Society for International Cooperation (GIZ), JA Europe initiated the resumption of JA program activities in Ukraine. Within this partnership, JA Ukraine, with the support of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the education departments of regional state administrations, began working with educational institutions in Zaporizhzhia and Donetsk regions, later expanding its activities to Lviv and Chernivtsi regions.

After the start of the full-scale war by the russian federation against Ukraine, the JA network in Europe actively joined projects to support Ukrainian youth. The russian JA organization was suspended from participation in all international events of the Junior Achievement network, and all JA educational materials were promptly translated into Ukrainian. The network of corporate partners of JA significantly increased the volumes of educational projects in favor of Ukraine.

Gen-E is the largest youth entrepreneurship festival in Europe, combining two European competitions – "Company of the Year" and "Startup of the Year". In 2022, it took place in Tallinn, Estonia. Ukraine was represented at this event by two teams presenting business ideas and products of Ukrainian mini-companies. Participation in Gen-E provided Ukrainian young entrepreneurs with the opportunity to showcase their achievements and products, as well as to understand European entrepreneurial experience.

Participation of companies in Junior Achievement programs can have a significant impact on the development of entrepreneurship among youth. There are several ways in which companies can get involved:

Become corporate volunteers or mentors: This allows employees of companies to share their experience and knowledge with youth, contributing to the development of their entrepreneurial skills.

Financial support: Companies can financially support Junior Achievement programs to help them expand their activities and attract more youth to entrepreneurship education.

Partnership in program implementation: Companies can enter into partnership agreements with Junior Achievement for the joint launch and implementation of entrepreneurship education programs for youth.

Advocacy and support: Companies can support and promote Junior Achievement initiatives among their employees, clients, and partners, thereby increasing awareness of the programs and attracting more participants. [4]

Participation of companies in Junior Achievement programs will contribute not only to the development of entrepreneurship among youth but also to economic growth and the creation of a favorable entrepreneurial atmosphere in Ukraine. The role of business mentors in these programs is extremely important as they help young people gain not only theoretical knowledge but also practical experience in a real business environment.

In the 2022-2023 academic year, Lviv and Chernivtsi were selected as pilot regions because they had the highest number of educational institutions participating. In the "Company" entrepreneurship program, 37 educational institutions from these regions participated. More than 300 students, approximately 50 teachers, and 20 business mentors took part. Students founded and successfully launched 44 mini-companies. Specifically: 26 mini-companies were established in Lviv region, and 18 in Chernivtsi region. The average number of participants in a mini-company was 6 individuals. The most popular activity areas are presented in Figure 1. In particular, 11 mini-companies were created in the food sector, 8 in clothing and accessories,

3 in metalworking, 8 in interior decor creation, 2 in mobile app development, 2 in agriculture, and 10 in other areas.

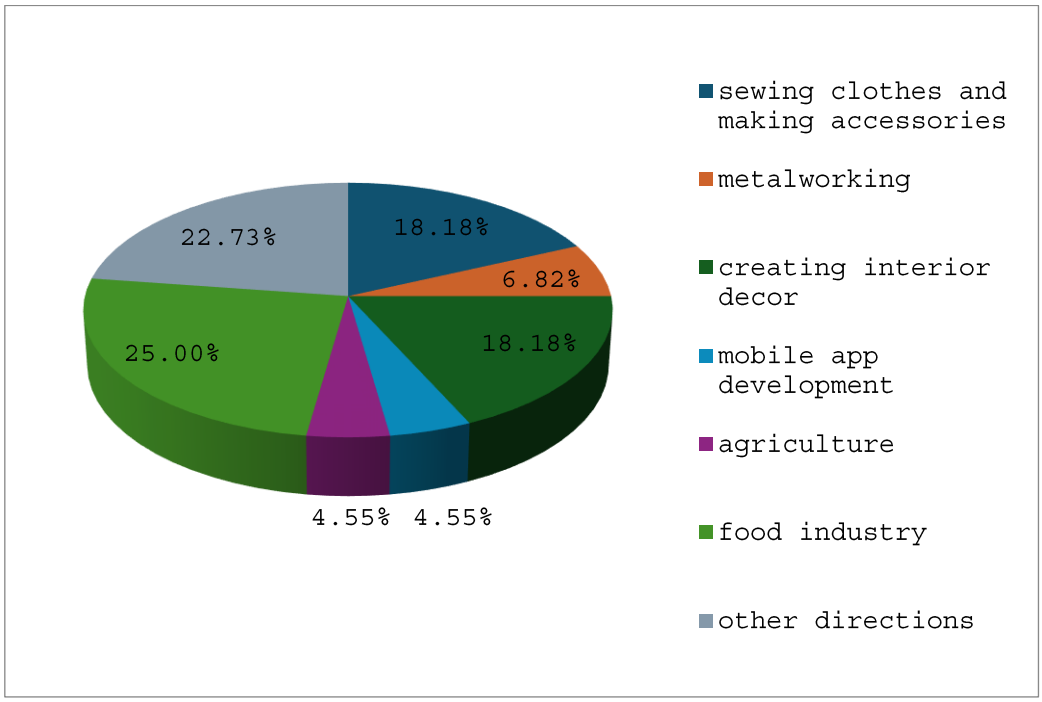


Fig. 1. Most Popular Activity Directions of Mini-Companies over Ukraine

After completing the first stage of training, approximately 300 students established 44 educational firms (26 companies in Lviv region and 18 in Chernivtsi). The most popular activity directions for mini-companies were food production (11 mini-companies), clothing tailoring and accessory manufacturing, as well as interior decor production (8 companies each in these areas). Among other interesting directions are mobile app development, provision of population service according to students' specialization, metalworking, and others.

Fifteen business mentors-volunteers from the business sphere have been involved in the implementation of the "Company" program to assist students in realizing their business ideas.

Since September 2023, the public organization Junior Achievement Ukraine has expanded its activities to 10 new regions - Ivano-Frankivsk, Ternopil, Khmelnytskyi, Vinnytsia, Kyiv, Poltava, Dnipropetrovsk, Donetsk, Zaporizhzhia regions, and Kyiv city. The academic year in all regions began with seminars for teachers. Then, work was carried out in educational institutions to form teams.

Khmelnytskyi region has been identified as one of the promising areas for youth education. In the vocational and technical education institutions of Khmelnytskyi region, the "Company" educational program will be implemented through integration into the module "Basics of Entrepreneurship" of the subject "Technologies".

As of February 22, 2024, a total of 208 mini-companies have been created from 158 educational institutions in 10 regions of Ukraine and Kyiv city. The data are summarized in Table 1. They were established based on vocational and technical education institutions and specialized colleges participating in this year's educational program for entrepreneurship development "Company" by Junior Achievement Ukraine.

Table 1 - Distribution of Mini-Companies by Regions

No. Order	Region Name	Number of created mini-companies	Number of educational institutions
1	Khmelnytskyi	35	24
2	Lviv	45	36
3	Chernivtsi	22	14
4	Ternopil	20	15
5	Ivano-Frankivsk	40	19
6	Kyiv	20	19
7	Vinnytsia	8	10
8	Dnipropetrovsk	11	10
9	Zaporizhzhia	2	6
10	Poltava	1	1
	city Kyiv	3	4
	Overall	*208*	*158*

The activity directions of mini-companies in Khmelnytskyi region in 2023-2024 are presented in Figure 2.

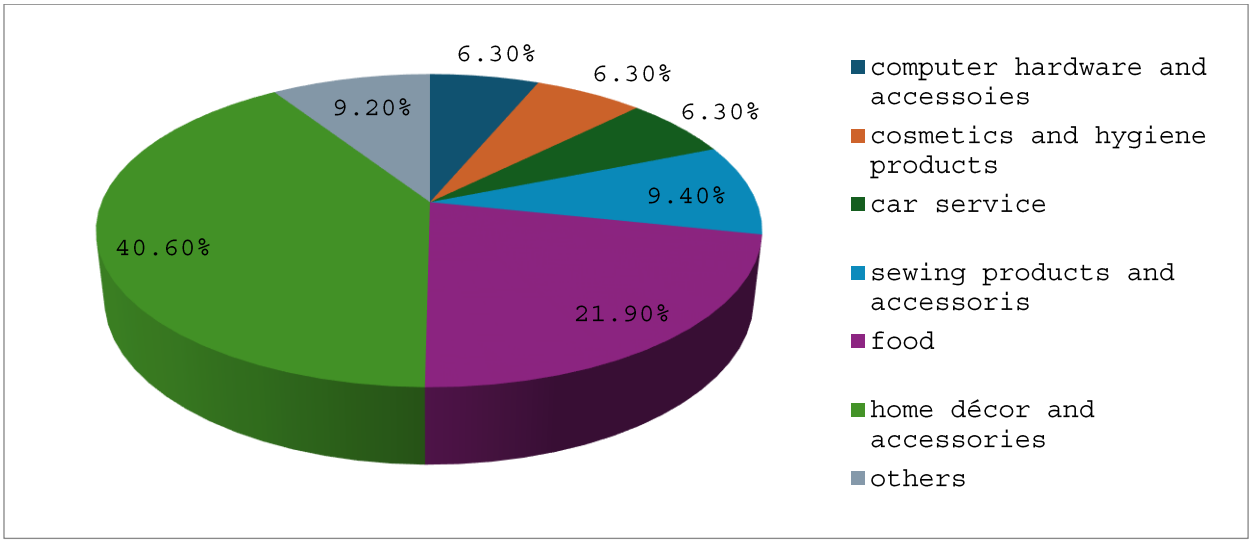


Fig. 2. Directions of activity of mini-companies in Khmelnytskyi region

Analyzing the data of the figure, it can be seen that the majority, 40.6%, are engaged in home decor and accessories, followed by 21.9% in food, 9.4% in sewing products and accessories, while 6.3% each are involved in computer equipment and accessories, cosmetics and hygiene products, and auto services.

The state educational institution “Lisovody Professional Agrarian Lyceum” also created its mini-company “Student Bakery”, which participated in a two-day entrepreneurship camp with the business idea of “Baking homemade pastries”. In addition to us, 88 education seekers and 21 educators from vocational education institutions in Khmelnytskyi region took part in the camp’s activities.

One of the exciting moments in the “Entrepreneurship Camp” was a motivational meeting with entrepreneur-mentors. They talked about how to deal with career fluctuations and gave advice on what to learn for a successful career.

During the sessions, participants generated business ideas, analyzed them, and learned the nuances of self-presentation. Teams presented their projects to the jury. Winners were determined based on the criteria shown in Figure 2:

Content of the business idea - 40%;
Quality of presentation - 20%;
Teamwork - 30%;
Creativity and originality - 10%.

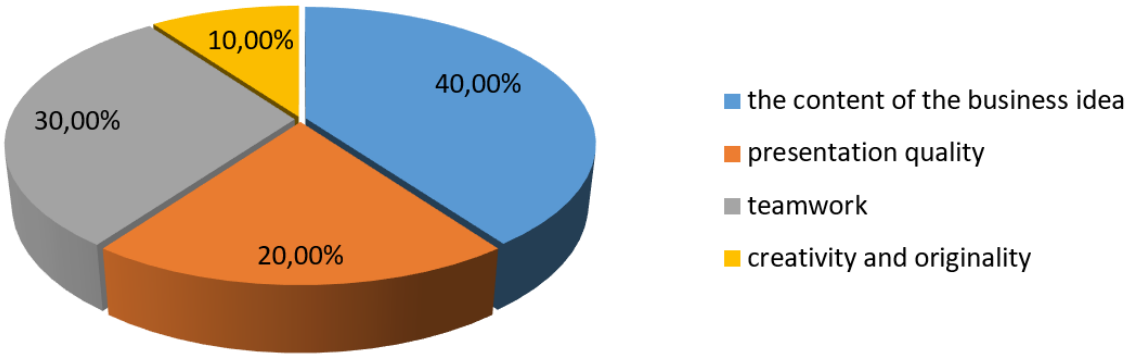


Fig. 3. Evaluation Criteria

Teams generated 21 ideas for their own businesses during the camp. The ideas from the camp participants were diverse, including a gift agency “Announcement”, a confectionery “We are from Ukraine”, “Sweet Treats”, a bakery “Student Bakery”, a pie shop “Pie Island”, a candy store “Polonska caramel”, a food processing company “De Hidra”, a clothing design workshop “Star Shirts”, a bead jewelry company “Podil Pearls”, design workshops “Pen.Ok”, “Klava Art”, an eco-products store “Ecolavka”, a sewing company “Shoose Change Create”, a toy sewing workshop “Pink Panther”, a company “Ukraine 3D”, a company “Power Accums”, an auto repair shop “Garage”, a decorative pots manufacturing company “Vali”, a patriotic night light manufacturing company, a company “Comfort Home”, a company producing organizers for bulk products [3].

The goal of the educational event is to help learners acquire practical skills in entrepreneurship, finance, planning, and economics. Most importantly, the “Entrepreneurship Camp” taught students to think like entrepreneurs and showed what knowledge and skills are needed to implement their own business idea, as well as introduced them to people who have already implemented successful business projects.

Participants of the “Entrepreneurship Camp” met and were inspired by Andrii Turak, Director of Development at Junior Achievement Ukraine. He vividly and figuratively explained why entrepreneurship is the future of our country, described to the students what they would learn over the next two days and the entire school year as participants in the “Company” program. [5]

In Andrii Turak’s speech, there were many interesting and motivating points. Here are a few key thoughts from his speech:

You will do everything that entrepreneurs do in real life, except one thing: you will not pay taxes. Everything else will be real!

Your task for this year is to gain positive entrepreneurial experience. So that the first experience is not traumatic, but truly positive.

The main thing is the desire to be happy, everything else is just ways to achieve it.

Life is a constant series of crises, and we are not prepared for them. What to do? Prepare yourselves.

You may not be an entrepreneur, go to work, and be an employee, but treat your work as your own business. The main thing is your attitude, and then you have every chance to be successful and the best in your field.

We often want to harvest where we haven't planted anything. That doesn't happen. You have to plant something first, take care of it, work on it, and only then can you expect results.

It is very important how you see yourself and how you talk about yourself. You may not be someone yet, but it is important what you are already striving for.

You are already entrepreneurs. Your business is your life. You can treat it like an employee who just spends his time at work. Or you can treat it like a business owner who can make it whatever he wants. The result depends only on how you treat this business and whether you create the right environment for its development.

During the workshop on the topic “What are Soft Skills and Why Should They Be Developed”, together with the Director of Development at JA Ukraine, business trainer Andrii Turak, teachers sought answers to the following questions:

What skills are important for students to successfully work on their projects?

What is needed to achieve goals?

Why is it necessary to learn for proper motivation?

What skills need to be developed for effective teamwork?

What is needed to become better at listening and hearing, handling criticism, and providing feedback?

How to train critical thinking?

To find answers to these questions, teachers worked in teams, completed joint tasks, and answered challenging questions. After the workshop, educators, in addition to valuable knowledge, received homework assignments.

In the concluding speech on the first day, Andrii Turak, the Director of Development at JA Ukraine, shared key tips with students and educators:

How to effectively present a business idea;

How to properly present your product;

How to work with illustrations and text in presentations;

How to structure it;

What and how to speak;

And, importantly, how to prepare for the presentation itself.

A captivating moment at the “Entrepreneurship Camp” was a motivating meeting with entrepreneur mentors. They talked about how to react to career fluctuations and gave advice on why it's worth learning for a successful career.

Successful entrepreneurs Irina Maisturchuk, owner of the “Mom’s Farm” network, Mariana Overchuk, owner of “Soap Stories” company, and Liudmyla Shevchuk, director of the Scientific and Methodological Center for Vocational Education and Qualifications Upgrading in the Khmelnytskyi region, joined the evaluation of business ideas developed during the “Entrepreneurship Camp”. [2]

Our mini-company “Student Bakery” presented its business idea: baking homemade pastries. Participants were awarded certificates for active participation in the “Entrepreneurship Camp”.

Impressions from the “Entrepreneurship Camp”, shared by Natalia Hutsalyuk, a member of the “Student Bakery” mini-company, during an interview, are summarized in Table 2.

Table 2 - Interview Text with Natalia Hutsalyuk

Question	Answer
What impression did your participation as a member of the team representing the Vocational Agricultural Lyceum "Lisovody Professional Agricultural Lyceum" at the "Entrepreneurship Camp" have on you?	"The Entrepreneurship Camp" brought me a lot of benefits and knowledge. Firstly, it provided me with a lot of motivation and support from the organizers, who invited successful entrepreneurs to share their journeys, helped each team individually, and promised to provide feedback throughout the competition. Also, by interacting with people who have achieved significant heights, I understood what distinguishes a truly successful person from someone who just wants to appear successful.
What important lesson did you learn from the "Entrepreneurship Camp"?	I learned an important lesson for myself - the "Entrepreneurship Camp" helps you understand yourself, understand what you really want, what you know, what people need.
What exactly did you learn at the camp?	Of course, in camp, my team and I learned the basics of entrepreneurship, we learned to understand what useful things we can give to people in order to make money from it.
What did you like the most as a participant?	I really liked the speech of speaker Olena Khoma, who taught the basics of rhetoric. We learned how to clearly present information so that people are interested in it and listen to you.
The conclusion I drew for myself is that...	Even though our team didn't win a prize, as Director of Junior Achievement Andrii Turak said: "The main victory is victory over oneself". And I fully agree with that because over these two days, we truly became better, at least for ourselves.

Conclusion

Mentors have been appointed, including Olena Penkal – a restaurateur, owner of the Pub "Papapub", and the recreational complex ATC "Dacha", who is a mentor for our mini-company "Student Bakery".

Every student in our country should be humane, grow in love, and have a chance for success. Entrepreneurship is the force that drives people forward. After all, entrepreneurship fosters an active life position, the ability to make informed decisions, assess risks, take responsibility, and see opportunities in the world around us. These skills and knowledge will help students in education build a successful career, start their own businesses, and succeed in various fields of activity in our Ukraine and change the world for the better.

A new type of training is starting in vocational education – entrepreneurship training through the activities of their own mini-companies. It represents the future for many education seekers, as it develops business skills, creativity, and innovation, financial and technical literacy, and promotes the formation of leadership abilities.

We believe that in Ukraine, after the end of the war, numerous mini-companies will develop and thrive, progressive enterprises will operate, and powerful private businesses will work.

Bibliography

1. Junior Achievement URL: https://ja-ukraine.org/
2. Preparing for entrepreneurship. URL : https://khmnmc.km.ua/%D0%B3%D0%BE%D1%82%D1%83%D1%94%D0%BC%

D0%BE%D1%81%D1%8F-%D0%B4%D0%BE-%D0%BF%D1%96%D0%B4%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%94%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%B0/

3. Honcharova, I. V., Yevtushenko, V. A., Mykhailenko, D. H. (2023). Features of entrepreneurship development in conditions of military actions and post-war recovery of Ukraine. Problems of Modern Transformations. Series: Economics and Management.https://doi.org/10.54929/2786-5738-2023-7-03-04
4. file:///C:/Users/%D0%90%D0%B4%D0%BC%D0%B8%D0%BD/Downloads/annualreport_ja_2022_final.pdf
5. Entrepreneurship Camp URL : https://ja-ukraine.org/programs/tabir-pidpriiemnictva/

AUTOMATIC SYSTEM FOR DETERMINING THE CUTTING HEIGHT OF SUGAR BEET ROOT FRUITS

Borys M.[1], Borys A.[2], Kurskoy V.[1], Baytalokha A.[1], Radun A.[1]
[1] Khmelnytskyi National University, Ukraine
[2]Institute of mechanics and automatics of agricultural production of the national agricultural academy sciences of Ukraine, Ukraine

Abstract. In modern examples of beet-harvesting equipment, rotary-type hickory separators are mainly used, which cut the heads of root crops at the same level relative to the soil surface. The selection of the indicated height of the cut is made according to well-known recommendations, but in practice it is often difficult to withstand them, and sometimes it is impossible at all, given the probabilistic nature of the distribution of the heights of the heads of root crops. Taking this into account, the users of the technology face the problem of choosing rational values of the cutting height in specific production conditions (different characteristics of the heights of the heads of root crops). In the vast majority of cases, this problem is solved by empirical methods (visual assessment of the quality of work after several passes), which must be repeated several times. This leads to unproductive spending of working time, which in turn reduces productivity. Also, in this case, cases of incorrect selection of the cutting height are possible, which leads to an increase in the loss of sugar-bearing mass. Therefore, it is advisable to develop an automatic regulator that would provide a solution to the problem of setting the cutting height automatically during the harvester's operation.
Keywords: automatic system, beets, automatic regulator, beet harvester.

The work developed a mathematical model of the size-mass characteristics of the distribution of the heights of the heads of root crops and an algorithm for minimizing losses of sugar-bearing mass. This algorithm is implemented in the Java programming environment. The regulator is intended to be implemented as an aftermarket equipment for beet harvesting equipment, which does not involve structural changes in the equipment itself. In the process of work, the regulator measures and accumulates information about the size and mass characteristics of root crops in the internal database. After accumulating a sufficient volume of the sample, the specified information is analyzed according to the developed algorithms and the value of the cut height of the root crop heads is determined, at which the minimum loss of sugar mass is achieved. After that, the value of the cut height is transmitted to the controller of the control system of the cut height, which in turn ensures its installation. In the course of work, the specified cycle of operations is repeated, i.e. control of sowing parameters and current losses of sugar-bearing mass is carried out continuously and, if necessary, the cutting height of root crops is automatically adjusted. The regulator of the cutting height of root crop heads contains: a module for collecting and analyzing sowing characteristics, which can be implemented on the basis of an industrial controller with information output and control devices; the controller for controlling the executive mechanisms of the sugar beet separation module and the sensor for registering the size and mass characteristics of sugar beet root crops. For the final evaluation of the process of sowing sugar beets (distribution of plants in a row, distribution relative to the soil surface, determination of losses during harvesting), a laboratory-field installation was developed. Its functional and structural scheme includes information input and output modules, a control module for the measuring unit, and a sensor unit for recording sowing parameters. The algorithm of the control program for the process of measuring the height of the protrusion of the heads of root crops has also been developed (Fig. 1)

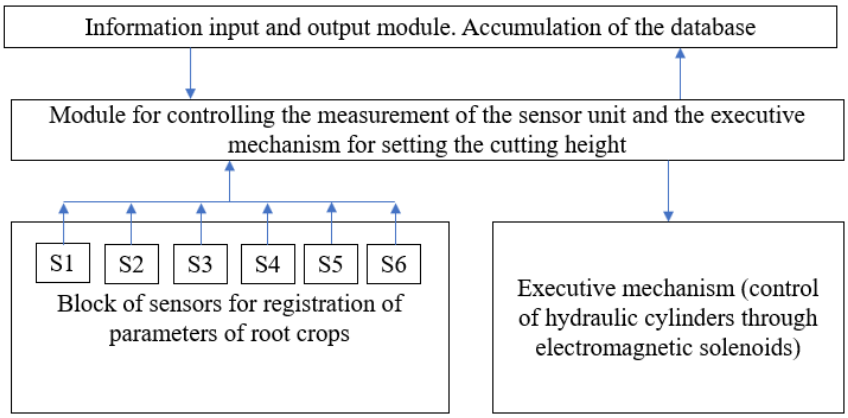


Fig. 1. Functional and structural scheme of the laboratory-field installation

The structural scheme of the measuring unit was developed and the electronic control module for measuring sugar beet sowing parameters was produced. The measuring unit contains probes for indicating the presence of the root crop, a probe for identifying the position of the base of the machine and the height of the protrusion of the head above the ground level.



a

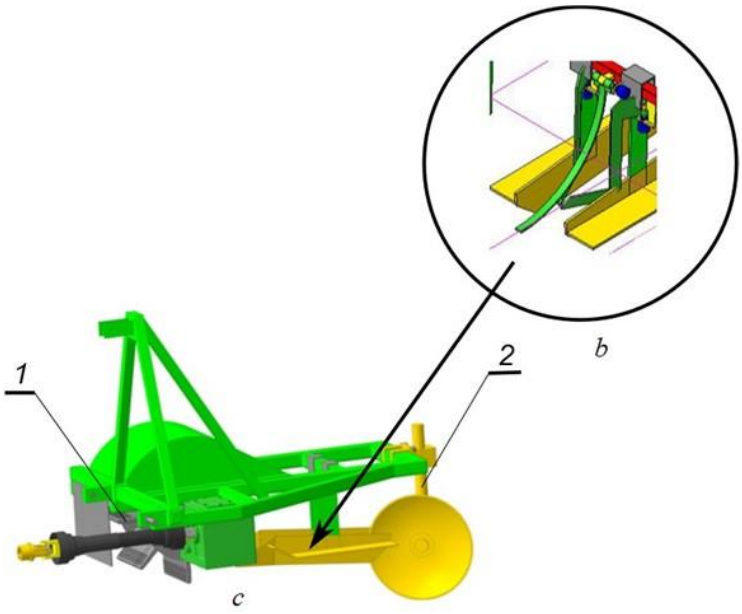


Fig. 2. Photo of the laboratory installation for measuring the protrusion of root crop heads (a) and structural diagram (b and c)

The study of the distribution of the heights of root crop heads relative to the soil surface was carried out.

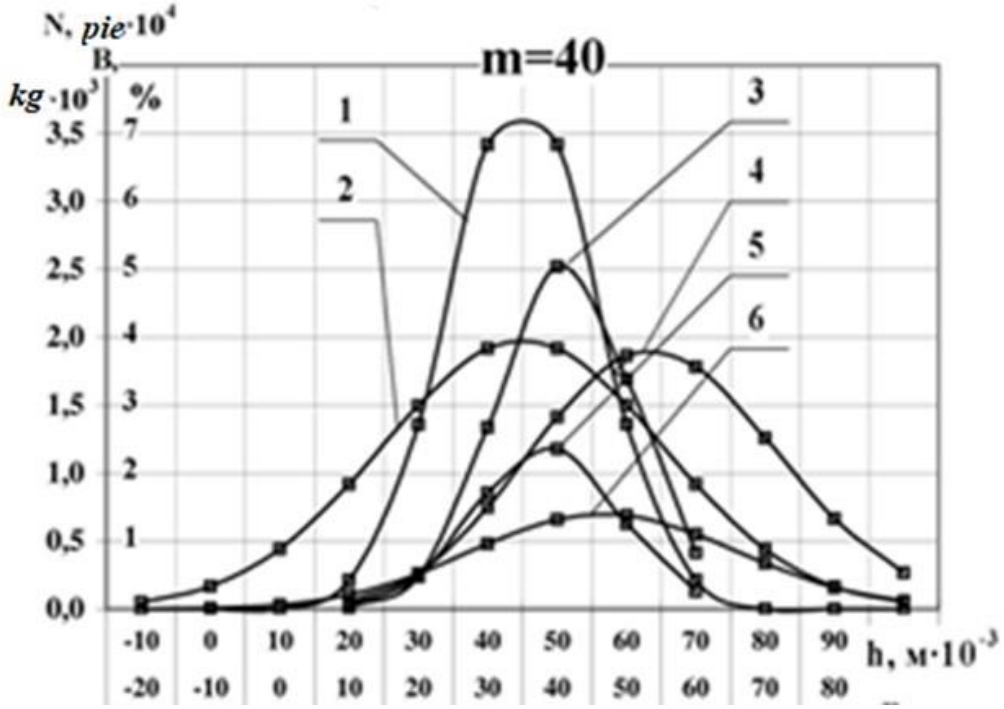


Fig. 3. The results of the study of the distribution of the heights of the heads of root crops above the soil level

Based on the results of the study, it was established that the statistical distribution of the heights of root crop heads does not contradict the normal law. The limits of change in its statistical characteristics are as follows: root mean square deviation σ = 20...30 mm, mathematical expectation m = 40...60 mm. The following indicators of the quality of the process of harvesting sugar beet root crops were established: loss of sugar-bearing mass 4%, residues of ghee on the root crops 2%, damage 3%. The quality indicators of the process of harvesting sugar beet root crops have been determined.

Conclusions. A laboratory-field setup for evaluating the parameters of sugar beet crops has been developed, which allows to evaluate the nature and parameters of the statistical law of the distribution of the heights of root crop heads. Which, in turn, is the basis for justifying the technological settings of the machine. The structural scheme of the measuring unit was developed and the electronic control module for measuring sugar beet sowing parameters was produced. The measuring unit contains probes for indicating the presence of the root crop, a probe for identifying the position of the base of the machine and the height of the protrusion of the head above the ground level. Based on the results of the study, it was established that the statistical distribution of the heights of root crop heads does not contradict the normal law. The limits of change in its statistical characteristics are as follows: root mean square deviation σ = 20...30 mm, mathematical expectation m = 40...60 mm. The quality indicators of the process of harvesting sugar beet root crops with the help of a rakeless cut and disc diggers have been established, which have the following values: loss of sugar mass 4%, residues of ghee on the root crops - 2%, damage 3%.

Literature

1. Bulgakov V.M. Mathematical modeling and experimental research of the technological process of cutting sugar beet without cutting.//Bulgakov V.M., Borys M.M., Borys A.M.// Scientific Bulletin of Luhansk National Agrarian University. – Luhansk: Luhanskyi. national Agrarian University, 2011.-№29. -with. 261-272.
2. Bulgakov V.M. The theory of the working process of removing ghee from sugar beet root crops / V.M. Bulgakov, A.M. Boris/Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine issue 166, part 1. - K.: 2011, p. 335-342.
3. Bulgakov V.M. Calculation of the main parameters of the technological process of beet harvesting / V.M.Bulgakov, M.K.Linnyk, O.P.Gurchenko // Collection of scientific papers of the National Agrarian University. "Theory and calculation of agricultural machines". Volume 6.- Kyiv: NAU.-2000.- P.219-224.
4. Bulgakov V.M. Theory of beet harvesting machines. Monograph. - Kyiv: NAU Publishing Center, 2005. - 245 p.

ANALYSIS OF METHODS SUGAR BEET HARVESTING

Borys M., Martyniuk A., Medvedchuk N., Danyliuk O.
[1] Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. In modern examples of beet-harvesting equipment, rotary-type hickory separators are mainly used, which cut the heads of root crops at the same level relative to the soil surface. The selection of the indicated height of the cut is made according to well-known recommendations, but in practice it is often difficult to withstand them, and sometimes it is impossible at all, given the probabilistic nature of the distribution of the heights of the heads of root crops. Taking this into account, the users of the technology face the problem of choosing rational values of the cutting height in specific production conditions (different characteristics of the heights of the heads of root crops). In the vast majority of cases, this problem is solved by empirical methods (visual assessment of the quality of work after several passes), which must be repeated several times. This leads to unproductive spending of working time, which in turn reduces productivity. Also, in this case, cases of incorrect selection of the cutting height are possible, which leads to an increase in the loss of sugar-bearing mass.
Keywords: Automatic system, beets, automatic regulator, beet harvester.

Formulation of the problem.

A feature of sugar beet harvesting technologies in modern conditions is the use of mandatory transportation of the collected pile of root crops to the edge of the field with an equipped access road. This is due to the fact that, when transporting the collected material to the plant, a heavy-duty vehicle is used, which is not allowed to enter the field due to the harmful effect of the movers on the soil. In addition, today it is no longer practiced to load sugar beets with a combine harvester or a pick-up truck into a vehicle moving nearby, since the development of modern beet-harvesting machines followed the path of creating bunker machines - combine harvesters or pick-up bunkers.

The purpose of the article.

Technological processes can be carried out according to different technological schemes and with different technical support. Therefore, the substantiation of rational technological schemes, their technical support and the organization of the technological process in real conditions is an urgent and necessary task. The main research materials. The trend of recent years is the creation and wide use of beet harvesters with heavy-duty hoppers with a capacity of 20...30 tons, while pick-up loaders have not been widely used. Although, from the point of view of process productivity, combine harvesting is not rational because it combines incompatible technological operations. Digging root crops takes place at a speed of forward movement of machines up to 9 km/h, separation of sedges up to 6 km/h, picking up root crops from a swath is possible at a speed of up to 12 km/h. In addition, the operations of digging up root crops, separating the chaff and picking are inherently continuous operations, while the operations of transport to the edge of the field and unloading are cyclic in nature. Currently, several possible assembly technological schemes can be identified, which are listed in Table 1:

Table 1 - Technological schemes of transportation of sugar beet root crops

№	Technological process	Technical means
1	The harvester collects and transports root crops to the edge of the field and unloads them into main transport	combine
2	The harvester collects and stacks in piles on the edges and in the middle of the field (perhaps in dry conditions), and the loader unloads into main transport	harvester + loader
3	The harvester collects and stacks in piles on the edges of the field, and the loader unloads it into main transport	harvester + loader
4	The harvester collects and stacks in kagatas at the edges, and in the middle of the field it is unloaded into a hopper-transloader, then the root crops are transported to the edge of the field into kagatas or unloaded into main transport	harvester + hopper-transloader + loader
5	The separating complex excavates and places it in a swath of N-rows, the pick-up-accumulator picks up and transports to the edge of the field and reloads it into main transport	tractor + separate N-row complex + pick-up-accumulator
6	The separating complex digs up and places it in a swath of N-rows, the pick-up-accumulator picks up and transports to the edge of the field in the kagata, and the loader unloads into main transport	tractor + separate N-row complex + pick-up-accumulator + loader.

Therefore, there is a need to investigate the feasibility of using a certain method of harvesting with the appropriate fleet of machines for different harvesting conditions (total sowing area of the company; total sowing area of the zone and transportation distance to the sugar factory; total sowing area of the region; accepted harvesting periods; mechanical composition of the soil; soil moisture ; the topography of the fields; the configurations of the fields; the presence of access roads from one or both edges of the field; the presence of free tractors (which is related to the specifics of growing a certain spectrum of crops and the justification of the corresponding machine-tractor park). It is also necessary to consider possible options for transporting root crops within the field: - at the place of unloading: near one edge of the field; near the two edges of the field; near the two edges of the field and in the middle; - according to the location of the kagat: along the edge of the field; in one or more areas of the edge of the field or on the field (with the possibility of access of main transport); - by direction of transportation: one-way from the farthest point to the edge; from the farthest point to the nearest place of unloading; sequential movement along the lines; To build theoretical models, it is necessary to consider what operations are performed during the harvesting of sugar beets (Table 2.), which will allow to assess the rationality of the harvesting technology.

Table 2 – Sequence of sugar beet harvesting operations

Code operations	The name and sequence of the operation	
1	Separation of gorse with rotary gorse cutters	
2	Transportation of the bulk of the sedge to the harvested field	
3	Trimming the heads of root crops	
4	Digging root crops	
	Separate method	**The combine method**
5	1. Laying in a roll	Cleaning
	2. Selection from the swath	
	3. Selection from the swath	
6	Transportation in a bunker	
	Flow method	**Transfer method**
7	Maneuvering and unloading into a vehicle	Maneuvering and unloading in the kagat
8	Picking up, cleaning, loading into the vehicle	
9	Transportation to the factory	

Determining the length of the transportation path of the full mass of the hopper is related to the sequential determination of the coordinates of the beginning and, accordingly, the end of filling for the 1st, 2nd, 3rd, ... and th hopper, with the selected technological assembly scheme. Then it is necessary to determine the distance from the point of full filling to the unloading point, which will be the length of the filling path. For example, consider a 30-row separate harvesting technology with the shuttle movement of a combine harvester of machines of a separate harvesting method and a storage pick-up with unloading near the two edges of the field. To simplify the calculation scheme, we will assume that the last hopper of the passage may be underloaded. The calculation will be carried out for the following harvesting conditions: field slope - horizontal field, yield - 6 kg/m2 (60 t/ha), furrow length - 1000 m, hopper capacity - 30 t. We will adopt the following modes of operation characteristic of modern beet harvesting machines: speed forward movement of the combine and the digger-roller - 6 km/h, the speed of the pick-up hopper when picking up to 12 km/h, the throughput of the cleaning system up to 80 kg/s, the minimum time for the turning maneuver - 1 minute, the maneuver to the kagata and unloading the bunkers - 1 ,5 min. We developed the following mathematical model in the form of a text algorithm:

1. We set the initial data: yield of root crops q= 10 kg/m^2; furrow length L=10 v; width of capture B =2.7-3.5 m; speed of the machine V= 3.33 m/s; permissible pick-up speed Vp= 3.33 m/s; permissible throughput of the beet harvester (complex); hopper capacity Qb=30,000 kg; duration of preparatory and final works Tx=7200; maneuvering and unloading time tr=90 c; turning time tp= 60 s; transport speed Vt=4.167 m/s;
2. Determine the length of filling the hopper
$$lb = \frac{Qb}{qb}$$
3. Determine the maximum speed by bandwidth
$$Vs = \frac{Qs}{qb}$$
4. We compare Vs with the speed of movement of the machine V: If Vs<=V, then V=Vs (we move according to the capacity of the harvester, otherwise we move with

speed V.

5. Визначаємо фактичну подачу вороху

$$qf = qBv$$

6. We determine the time of filling the hopper

$$tn = \frac{Qb}{qf}$$

7. Determine the number K

$$K = \frac{Zlb}{L}$$

8. Determine the integer and fractional part n I m. If m<=0.5, then the length of transportation of root crops is lt=mL, otherwise Lt=(1-m)L.

9. We form a matrix of the following structure n, m, Z (number of bins), K, lt, $\sum Z$p, increasing the number of filled bins. The matrix will be filled in the direction of increasing the number of tapes up to the case when m<0.1.

10. We define ∑Lt.

11. We determine the number of bunkers Z.

12. Determine the number of passes n.

13. We determine the total time of the assembly process

$$T = tnZ + \frac{Lt}{Vt}2 + tp(n-1) + (tr + tp)Z$$

14. Determine the collected area

$$S = KzBL$$

15. We determine productivity by the formula

$$W = \frac{S}{T}3{,}6$$

By varying the swath size from a certain grip width (6, 12, 18, 24, 30...) it is possible to create rational harvesting modes (advance speed, rotation speed of cleaning working bodies, separation length) for different field characteristics: soil moisture, furrow length, productivity , etc. Also, in sunny weather and high soil moisture, the process of cleaning root crops from the soil is facilitated due to the time gap between operations. Thus, the rolling technology is more adapted to different harvesting conditions. According to the simulation results, the following dependences were obtained (Fig. 1):

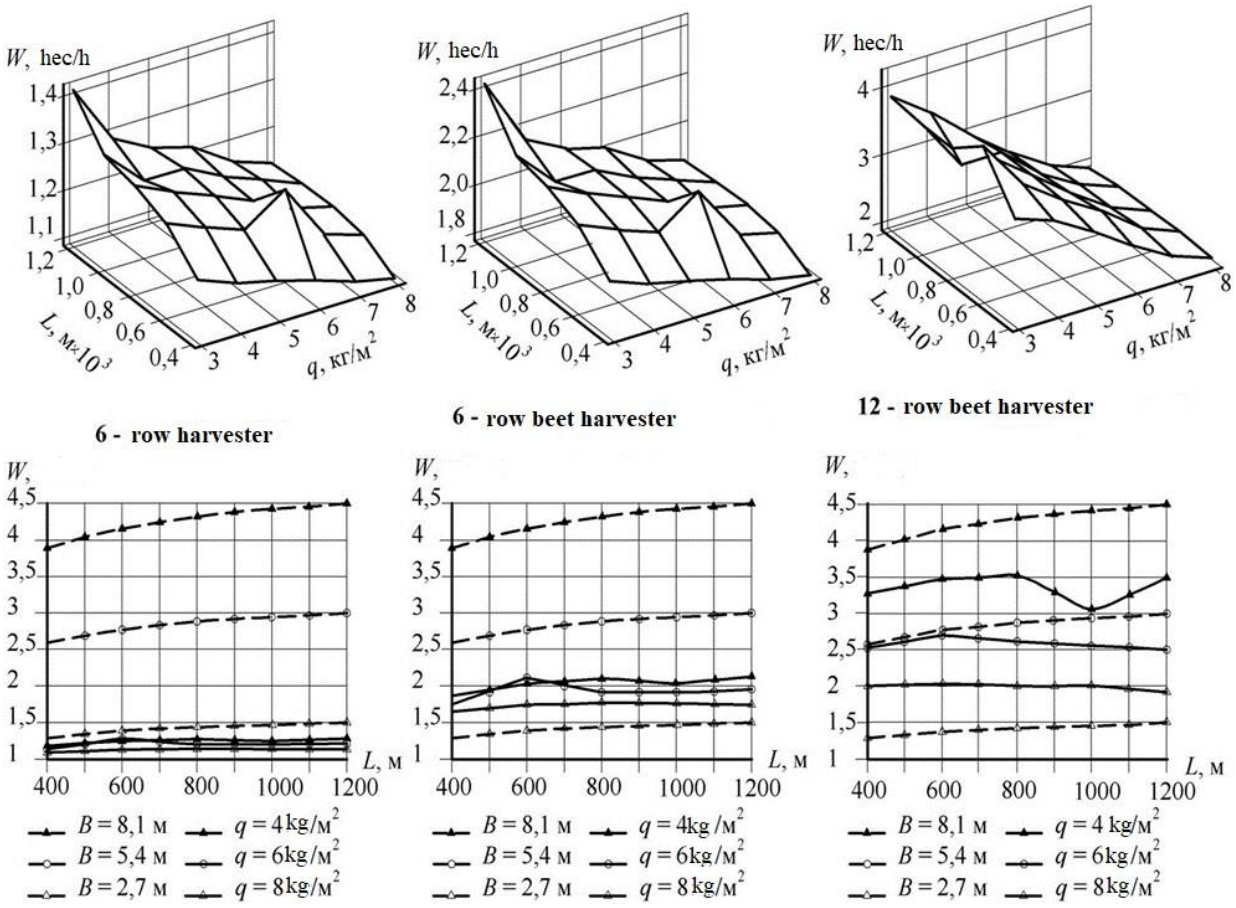


Fig. 1. Response surfaces and their two-dimensional intersections of the dependences of MTA productivity on the length of runs and throughput of beet harvesters.

Conclusion.

The conducted research allows us to draw the following conclusions. 1. It is least advisable to use a pick-up-accumulator in the 6-row version. At the same time, harvesting productivity can increase by approximately 20% due to the separation of digging and transportation processes, which eliminates the forced downtime of digging working bodies during unloading of the harvester hopper. 2. It is advisable to use a pick-up-accumulator with 2-3 diggers-rollers with the ability to form a roll from several passes, which makes it possible to rationally load the pick-up and choose a rational, from the point of view of cleaning the soil, forward speed of the pick-up.

Literaturea

1. Bulgakov V.M. Mathematical modeling and experimental research of the technological process of cutting sugar beet without cutting.//Bulgakov V.M., Borys M.M., Borys A.M.// Scientific Bulletin of Luhansk National Agrarian University. – Luhansk: Luhanskyi. national Agrarian University, 2011.-№29. -with. 261-272.
2. Bulgakov V.M. The theory of the working process of removing ghee from sugar beet root crops / V.M. Bulgakov, A.M. Boris/Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine issue 166, part 1. - K.: 2011, p. 335-342.
3. Bulgakov V.M. Calculation of the main parameters of the technological process of beet harvesting / V.M.Bulgakov, M.K.Linnyk, O.P.Gurchenko // Collection of

scientific papers of the National Agrarian University. "Theory and calculation of agricultural machines". Volume 6.- Kyiv: NAU.-2000.- P.219-224.
4. Bulgakov V.M. Theory of beet harvesting machines. Monograph. - Kyiv: NAU Publishing Center, 2005. - 245 p.
5. Beet harvester Grimme Maxtron 620 [Electronic resource] // Manufacturer's information. – Access mode: http:// www.grimme.de
6. Beet harvester Holmer [Electronic resource] // Manufacturer's information. – Access mode: http:// www.holmer-maschinenbau.com
7. Beet harvester Matrot [Electronic resource] // Manufacturer's information. – Access mode: http:// www.matrot.fr
8. Beet harvester TIM-Thyregood [Electronic resource] // Manufacturer's information. – Access mode: http:// www.thyregot.com
9. Gilles TR 4 bug removal module [Electronic resource] // Manufacturer's information. – Access mode: http://www.gilles-sa.be
10. WIC wheat harvester [Electronic resource] // Mechanization of agriculture. – 2007. – No. 1. – Journal access mode: http://www.minagro.kiev.ua/stat/mash/index.html

PERSPECTIVES AND PROBLEMS OF NANOSCALE ROBOT DEVELOPMENT

Buratowski T.[1], Giergiel M.[1], Polishchuk A.[2], Polishchuk O.[2]*
[1]AGH University of Krakow, Poland
[2]Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The pursuit of miniaturization and increased precision posę increasing challenges to science. Due to the rapid development of technology, especially nanotechnology, which we can observe in recent years, completely new opportunitieş are opening up before many fields of science. Such fields are undoubtedly nanorobotics and nanomechanics. Precisely the devices that are responsible for all kinds of operations at the nanoscale are called nanorobots. Basically, a nanorobot is a controlled machine at the nano or molecular scale, which is composed directly of nano components. One of the serious challenges for which there is no clear solution affecting the development of nanorobots is the selection of nanomechanisms possible for their design and practical implementation. A fundamental source of problems is the fact that there are cardinal differences lying in the basic nature of physical phenomena relevant in the macro, micro and nano world. In other words, parť of the phenomena that either take place or are significant at the nano scale do not occur at the micro and macro scales, and vice versa. The simulation studies carried out give some answer to the question of what criteria are relevant and should be taken into account in the construction of nanomechanisms and whether the creation of certain mechanisms at the nano scale is justified at all.
Keywords: nanomechanisms, nanorobots, nanotechnology.

Introduction

The dynamic development of technology, including some aspects of nanotechnology, which has been evident in recent years, is opening up completely new opportunities for many fields of science. Such fields are undoubtedly nanorobotics and nanomechanics [1, 4, 5]. But the pursuit of miniaturization and increased precision are presenting science with increasing challenges. In 1959, physicist Richard Feynman gave a popular science lecture in which he ponderęd the limits of miniaturization [6]. In his reflections, he started with his contemporary technology, then analyzed the limitations of physical laws and concluded by stating that it would be possible, indeed inevitable, to construct objects at the atomic level, atom by atom [6]. Achieving such a level of technology seemed an unrealistic task at the time. Today, however, no one questions this goal. Decades later, thanks to technological advances, the size of microelectronic devices has approachęd the molecular scale, and the progress of scientific research at the molecular level, especially of molecular systems operating in living systems, has made the general public aware of what genius already saw many years ago. Nanotechnology [4] can best be defined as a description of activities at the level of atoms and molecules that have applications in the macro-world. A nanometer is 1/1000000000 part of a meter, which is about 1/80000th the diameter of a human hair or ten times the diameter of a hydrogen atom. It is undoubtedly a great challenge to measure, manipulate and do all sorts of things on a scale of 1 to 100 nm. Why not more? Because more is already a world measured in μm and so a different scale and different physical phenomena play a crucial role.

Problems with nanorobotics

To achieve efficiency in the field of nanotechnology, it seems necessary to automate molecular manufacturing. The devices that are responsible for all kinds of operations at the nanoscale are called nanorobots [1, 5]. Basically, a nanorobot is a controlled machine at either the nano or molecular scale, which is composed directly of nano components. And nanorobotics itself deals with the design, manufacture, programming and control of nanorobots. However, so far, despite many hype announcements, we have not seen nanorobotics flourish [4]. In

addition, nanotechnology itself still appears to be a niche area and its development is essentially limited to materials engineering. The answer to the question of why this is the case is not entirely obvious; after all, there is a demand, and since there is a demand there are funds for research and development. After all, the ability tó construct devices with molecular accuracy will revolutionize the industrial manufacturing process by significantly improving the properties of materials and significantly improving the performance of various devices. The problem is that there is a problem, i.e. we see something like a tautology. So what specifically is the problem that nanorobotics is not developing as promised? How and from what to build a nanorobot? Firstly, the assumption is that it should be a mobile robot [2]. If mobile then a wheeled robot will probably be the least of the problems. Assume a two-wheeled robot with a passive support wheel.

Problems with nanorobots

If we plan to design and build a mobile robot then drive system will probably need a gearbox, for example a planetary gearbox [2,7]. A planetary gearbox is a mechanism in which unlike ordinary gearboxes, the centers of *n* wheels called satellites move on circular tracks around the geometrical axis of the gearbox with the centers of these tracks lying in the geometrical axis of the gearbox. Such wheels go around other wheels during operation. The planetary gearbox design [7] has great advantages over traditional gearboxes, especially in applications requiring both high torques and small drive dimensions. In the planetary gearbox, the drive is transmitted in multiple points, which reduces the load on the individual teeth and, consequently, their dimensions. This is also important during impact operation, as the loads are transferred simultaneously through several teeth, which significantly reduces the risk of gearbox damage, as opposed to a traditional gearbox, where the entire torque is transferred through a single point. The primary advantage of planetary gearboxes [7], however, is the excellent ratio of size and weight to output torque. This advantage increases with the mechanical size of the reducer and its ratio. It therefore seems that it will be a good choice for use in a nanorobot. So, let's build a model and run a simulation [3]. The first model was made of 1739 carbon, oxygen and hydrogen atoms. To avoid uncontrolled movement of the satellites during the mechanism, they were distributed around the circumference of the solar wheel. The satellites were connected to the yoke by single carbon atoms to allow rotation. The gear wreath was immobilized. A torque of 500 nNnm and a rotational speed of 50 GHz were set on the solar wheel. Simulations were carried out in nanoengineer-1 software [9]. Fig. 1 shows a front and side view of the gearbox. Fig. 2, on the other hand, shows the different stages of the simulation. The calculation process was interrupted before the end because the yoke with the satellites attached to it slipped out of the space at the rim. Thus, the first attempt failed.

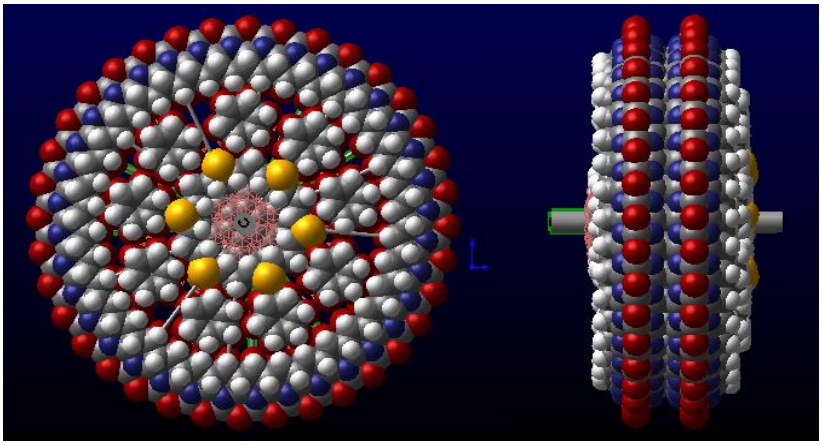


Fig.1. Planetary gearbox - front and side view

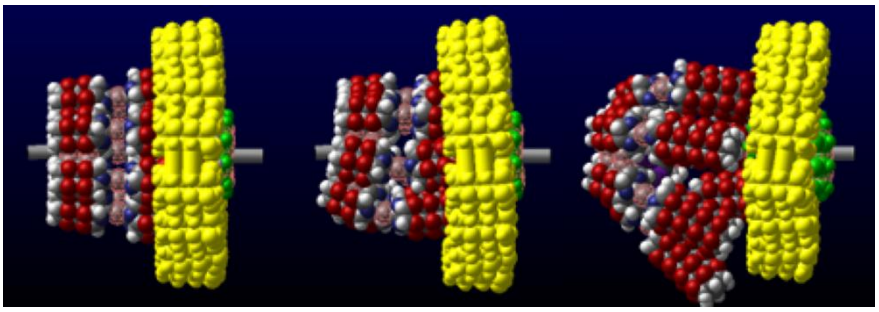


Fig. 2. Simulation effects of the first planetary gear model.

For the second test, the yoke was 'anchored' using one of the programmed functions. The yoke was restrained in its axis of symmetry, so that rotation about its own axis remained possible. The motor parameters remained unchanged. Figure 3 shows the effects of the simulation. As noted, the inter-particle interactions are such that the individual components of the system do not remain where they were originally placed and, as a result, the gear has also been destroyed.

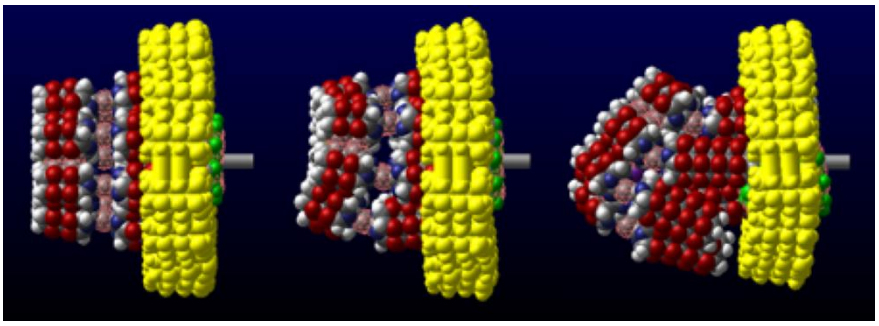


Fig. 3. Simulation effects of the second planetary gear model.

The results of the above simulations lead to the conclusion that for mobile robots created at the nano scale, the planetary gearbox is practically useless. Perhaps, therefore, at least a straight gearbox will work. Thus, in order to obtain an answer to this question and to assess the relevance of the influence of inter-particle interactions on the operation of the straight gear, a model consisting of two gears, formed from 1684 atoms, was created for simulation purposes. The aim was to check to what extent the stability of the system is affected by its size. The simulation results shown in Figure 4 provided an answer to this question. A torque of 900 nNnm and a frequency of 100 GHz were applied to the active wheel. The gearbox behaves stably. The motion is smooth and the mating gears do not vibrate excessively, but its ratio is 1:1. It is practically useless.

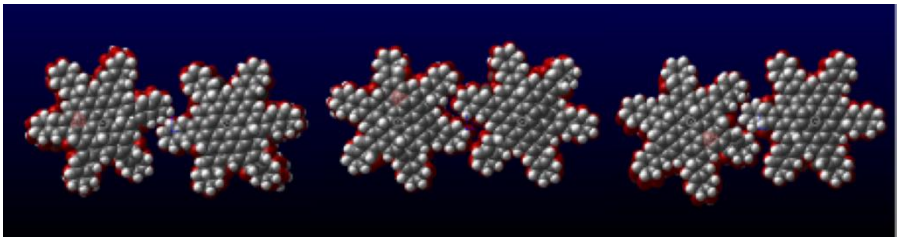


Fig. 4 The effects of simulating the operation of a simple gearbox.

The next and probably even more serious problem is the drive motors, energy sources and control system. To start with, some physical parameters. The density of silicon atoms is 2330 kg/m³ [1, 5]. This means that the average distance of atoms is 0.27 nm, i.e. in the 2.7 μm

technology (now rather antique) the number of atoms along the side of the gate is 10 000, but in the 0.27 μm technology only 1000, while for L=27 nm it is only 100 atoms. The dielectric strength of silicon dioxide is 5-10 MV/cm. That is, a voltage of 5 V with an insulating layer thickness of 10 nm (about 30 atoms) is at the limit of breakdown resistance. A one-atom layer can withstand a voltage of about 0.17 V. In practice, this means that the possibility of building a control system with the computing power we are used to in the macro world cannot be seen. The situation is equally dire in terms of the possibility of physically realizing motors based on known principles and according to solutions known from the macro world. The possibility of developing power sources in the form of batteries or accumulators with the required capacities is also completely unrealistic. Further complicating the matter is the fact that radio communication and data transmission between nanorobots and the outside world must be considered unfeasible given the size required by the nano-scale requirements. Here, in addition to the limitations already outlined, the impossibility of realizing an antenna array with practically useful efficiency is an additional problem.

Summary

Thus, the situation regarding the possibility of building and using nanoscale robots seems hopeless. And in fact, it will remain so if we do not change our approach to their design, if we blindly stick to technologies and solutions that are successfully used at the macro and micro scale, but do not work and are not possible to use at the nano scale. And yet, organisms exist and operate in nature whose nanoscale solutions fit and work effectively. This means that perhaps bionanotechnologies are the way to solve problems, and this is where the opportunity for the real development of nanorobotics lies. The simulation studies carried out provide a certain answer to the question of what criteria are important and should be taken into account when constructing nanomechanisms, and whether the creation of certain mechanisms at the nanoscale is justified at all.

Bibliography

1. Giergiel M. (2024). Certain Problems in the Development of Nanorobots. On Journ of Robotics & Autom. 2(5): 2024. OJRAT
2. Giergiel M., Hendzel Z., Żylski W. (2020). Modeling and control of mobile wheeled robots (in Polish). PWN, Warsaw
3. Giergiel M. (2020). Possibilities of using nanomechanisms for robots built at the nanoscale (in Polish). Projektowanie systemów mechatronicznych, zagadnienia wybrane, KRiM AGH, Kraków pp. 61–166
4. Kelsall R., Hamley I., Geoghegan M. (2005). Nanoscale Science nad Technology, John Wiley & Sons, Ltd.
5. Khulbe P. (2014). Nanorobots: A Review, Int J Pharm Sci Res, 5(6), pp. 2164-2173.
6. Meija J. et.al. (2013). Atomic weights of the elements 2013 (IUPAC Technical Report), Pure and Applied Chemistry, 88 (3), pp. 265-291
7. Roukes M. (2001). Nanoelectromechanical systems face the future, *Physics World* **14** (2) pp. 25-31
8. Skoć A., Świtoński E. (2016). Gears. Principles of operation. Geometric and strength calculations (in Polisch), PWN, Warsaw
9. https://sourceforge.net/projects/nanoengineer-1/ [Accessed: 11.02.2024]

STRUCTURAL STATE OF THE MATERIAL AND INDICATORS OF ITS MICROPLASTICITY

Bys S., Kunda O.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. Considerable attention is paid to the influence of the structural state on the properties of materials, but there is practically no information on the influence of the structure of steels on their microplasticity indicators. The impetus for studying the influence of the structural state of the material on its microplasticity was the appearance of works related to the use of structural strength characteristics, and especially fracture toughness, to predict the wear resistance of friction pairs, in order to prevent time-consuming tribological studies.
The purpose of the research was to study the influence of the structural state of materials on their microplasticity indicators.
Siliceous spring steel 60C2 was used for research. When studying the influence of the structural state of materials on their properties, steel was studied in a heat-treated state: hardening from 870ºC plus tempering at temperatures of 200, 300, 400 and 500ºC.
Resistance to microplastic deformations is one of the important characteristics of spring materials. Not only its fatigue strength, dimensional stability, various relaxation phenomena, but also its wear resistance depend on the degree of development of microplastic deformations in the material.
The study of microplastic deformations was carried out according to the method proposed by I.I. Ilyinsky, V.V. Sheveley. and Kruglykom A.P. For the experiments, flat cantilever-fixed samples, made in the form of a beam of equal resistance with a thickness of 2 mm, were used.
Indicators of microplasticity of the material are structurally sensitive and should be considered from the point of view of the theory of dislocation movement. It will be objective to compare the obtained values of microplasticity of materials with and without coating only if the structural state of the material base is the same (microplasticity indicators are very structurally sensitive). This condition will be observed when applying a low-temperature YNG coating (chemical chromium plating) to the surface of the samples.
To evaluate the change in the microplasticity of steel 60C2 with a wear-resistant coating of YNG, in air and after flooding, a method was used, which is based on the determination of the value of the critical stress σ_3 and strain hardening indicators A_2 for the coating under study. It should be noted that the resistance curves of microplasticity of steel 60C2 with a wear-resistant coating had a three-stage nature of dependence σ- $\sqrt{\varepsilon}$.
Conducted studies of micro plasticity in air and after flooding of 60C2 steel, with an applied wear-resistant coating of YNG, made it possible to determine the patterns of changes in their indicators. In our opinion, the indicators of microplasticity can be used as a technological characteristic to predict the tribological characteristics of materials with wear-resistant coatings in various aggressive environments. That is, according to the nature of the change in values σ_3 and A_2, it is possible to qualitatively judge the effectiveness of the use of the coating in certain test conditions (operation). Obviously, those coatings that increase the microplasticity indicators of the material to a greater degree will have greater wear resistance, and the degree of change in the microplasticity of the material with a strengthened surface under the influence of the research environment will correspond to the change in its wear resistance in this environment.
Keywords: friction, wear, coating, microplasticity.

Introduction

Considerable attention is paid to the influence of the structural state on the properties of materials, but there is practically no information on the influence of the structure of steels on their microplasticity indicators. The impetus for studying the influence of the structural state of the material on its microplasticity was the appearance of works related to the use of structural strength characteristics, and especially fracture toughness, to predict the wear resistance of friction pairs, in order to prevent time-consuming tribological studies.

The physical state of the surface of solid bodies and its influence on friction and wear of materials has recently received a lot of attention, especially in connection with the wide development of the molecular-mechanical theory of friction. Without a detailed study of the processes occurring on the surfaces of materials during friction, it is almost impossible to explain the nature of the observed changes. It is very important to know the influence of the characteristics of the crystal structure on the processes occurring in the surface layers of interacting materials of friction pairs [1, 2, 3].

Objective

The purpose of the research was to study the influence of the structural state of materials on their microplasticity indicators.

Materials and methods of research

For research, we used siliceous spring steel 60C2, which is widely used in friction components (spring sealing rings in ball bits, spring washers, pile of wire tools, springs of cars and mobile railway transport, etc.), the chemical composition of which is given in Table 1.

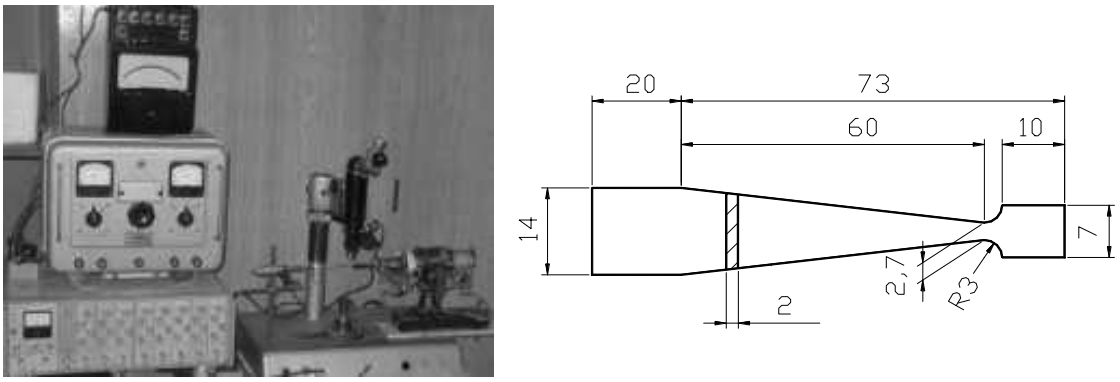
Table 1 - Chemical composition of steel 60C2

Chemical composition, %						
C	*Si*	*Mn*	*Cr*	*Ni*	*P*	*S*
0.57...0.65	1.5...2.0	0.60...0.90	≤0.3 0	≤0.2 5	-	-

To study the influence of the structural state of materials on their properties, 60C2 steel was studied in a heat-treated state: hardening from 870ºC plus tempering at temperatures of 200, 300, 400 and 500ºC.

Resistance to microplastic deformations is one of the important characteristics of spring materials. Not only its fatigue strength, dimensional stability, various relaxation phenomena, but also its wear resistance depend on the degree of development of microplastic deformations in the material.

The study of microplastic deformations was carried out according to the method proposed by I.I. Ilyinsky, V.V. Sheveley. and A.P. Kruglyk [4, 5]. Photos of the installation and drawings of the samples are shown in fig. 1. The dimensions of the samples were chosen according to the recommendations, with such a calculation as to ensure a high resolution of the residual deformation and the strength of the free end of the sample in relation to tangential stresses.



a b

Fig. 1. General view (a) of the installation and sketch (b) of samples for microplasticity studies

For the experiments, flat cantilever-fixed samples, made in the form of a beam of equal resistance with a thickness of 2 mm, were used.

According to the indicators of the strain gauge and the microscope, the bending force P and the residual deflection y were recorded. Conversion of strain gauge readings into stress in the sample σ performed according to the formula:

$$\sigma = 6PL/bh2,$$

where L is the length of the sample; b - width of the end of the sample; h is the thickness of the sample.

The relative value of the residual deformation is equal to:

$$\varepsilon = hy/(L2+y2).$$

Research results

Indicators of microplasticity of the material are structurally sensitive and should be considered from the point of view of the theory of dislocation movement. A change in the state of the surface layers of the material will inevitably lead to a change in the characteristics of microplasticity, despite the fact that the thickness of the samples (2 mm) is significantly greater than the thickness of the hardened layer (2...180 μm). However, apparently, it will be objective to compare the obtained values of microplasticity of materials with and without coating only if the structural state of the material base is the same (microplasticity indicators are very structurally sensitive). This condition will be observed when applying a low-temperature YNG coating (chemical chromium plating) to the surface of the samples.

To evaluate the change in the microplasticity of steel 60C2 with a wear-resistant coating, in air and after flooding, a method was used, which is based on the determination of the value of the critical stress σ_3 and A_2 strain hardening indicators for the coating under study. It should be noted that the resistance curves of microplasticity of steel 60C2 with a wear-resistant coating had a three-stage nature of dependence σ- $\sqrt{\varepsilon}$.

Fig. 2 shows the curves of changes in air values σ_3 and A2 steel 60C2, with YNG coating applied to its surface. When applied to the surface of steel 60C2, regardless of its structural state, the YNG coating, the microplasticity characteristics of the material increase, the qualitative nature of the dependence of microplasticity on the structural state of the material base is preserved, and for the tempering martensite structure (300°C) they take maximum values (see fig. 2).

In our opinion, the general increase in the microplasticity of steel 60C2, when applying a YNG coating (thickness of the order of 6...8 microns), can be explained by the fixation of dislocations on the surface of the material, which contributes to the strengthening of its surface.

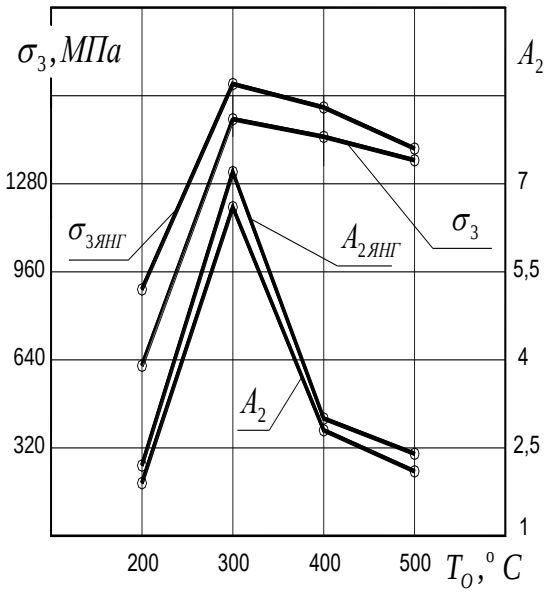


Fig. 2. Change in microplasticity (σ_3 and A_2) steel 60C2 from the structural state, with and without YNG coating (tests in air)

Table 2 presents the values obtained in air and after flooding of microplasticity indicators of steel 60C2 with an applied wear-resistant coating for different initial structural states of the material.

Comparing values with each other σ_3 and A_2 (see table 2), obtained on samples coated with YNG in air and after flooding, it can be noted that these indicators did not significantly change under the influence of hydrogen (they decreased to 4,5%), the nature of the dependence of the values σ_3 and A_2 after flooding due to the structural state of the material remained the same. This indicates that the YNG coating prevents hydrogen saturation of the surface and reduces the degree of its influence on the properties of the material.

Table 2 Microplasticity (σ_3 and A_2) 60C2 steel in different initial structural state

Kind coating	The value of indicators σ_3(MPa) and A_2 depending from the tempering temperature of the material							
	200°C		300°C		400°C		500°C	
	σ_3	A_2	σ_3	A_2	σ_3	A_2	σ_3	A_2
No cover	619	1.9	1515	6.6	1451	2.8	1365	2.1
No coating in water	576	1.0	1365	5,6	1301	3.2	1237	2.4
YNG coverage	896	2,2	1643	7.2	1557	3.0	1408	2.4
Coating of YNG in hydrogen	892	2.1	1635	7.2	1543	3.0	1400	2,3

In our opinion, apparently, the more the indicators of microplasticity of the material are sensitive to the influence of hydrogen, the more its properties change. The studied coating, which includes chromium, showed a slight sensitivity to hydrogen, there was practically no change in microplasticity indicators after flooding (see table 2.).

Conclusions

Conducted studies of micro plasticity in air and after flooding of 60C2 steel with a wear-resistant coating applied allowed to determine the patterns of changes in their parameters. In our opinion, the indicators of microplasticity can be used as a technological characteristic to predict the tribological characteristics of materials with wear-resistant coatings in various aggressive environments. That is, according to the nature of the change in values σ_3 and A_2, it is possible to qualitatively judge the effectiveness of the use of the coating in certain test conditions (operation). Obviously, those coatings that increase the microplasticity indicators of the material to a greater degree will have greater wear resistance, and the degree of change in the microplasticity of the material with a strengthened surface under the influence of the research environment will correspond to the change in its wear resistance in this environment.

References

1. Hladkyi Y.N., Burlakov A.A., Bys S.S. Hydrogen wear. Problems and reality. Part 1. //Problems of Tribology. - 2000. - #1. - P.94-99.
2. Hladkyi Y.N., Burlakov A.A., Bys S.S., Lipskyi N.D. Hydrogen wear. Problems and reality. Part 2. //Problems of Tribology (Problems of Tribology). - 2000. - No. 3. - P.57-67.
3. Hladkyi Y.N., Bys S.S. Relationship of tribological characteristics of materials with physical and chemical processes in the friction zone. //Problems of Tribology (Problems of Tribology). - 2001. - No. 4. - P.203-210.
4. Ilyinsky I.Y., Shevelya V.V., Kruglyk A.P. Methodology for determining microflow parameters of sheet materials // Strength problems, 1983. - No. 2. - P. 105-109.
5. A.s. No. 536418. The device for determining final deformations in materials during bending of plates of equal resistance / V.V. Shevelya, A.N. Gladchenko, I.I. Ilyinsky - Publ. 1976, Bull. #43.

SYTUACJE EDUKACYJNE W PROGRAMOWANIU CZYNNIKIEM ROZWIJANIA AKTYWNOŚCI WŁASNEJ UCZNIÓW

Celiński M., Śniadkowski M.
Katedra Metod i Technik Nauczania, Wydział Matematyki i Informatyki Technicznej,
Politechnika Lubelska, Polska

Streszczenie. W dobie rosnącego zapotrzebowania na umiejętności cyfrowe, kluczowym aspektem kształcenia przyszłych pokoleń staje się edukacja programistyczna. W opracowaniu zostały przedstawione wyniki badań wpływu zróżnicowanych sytuacji edukacyjnych w programowaniu na rozwijanie aktywności własnej uczniów. Szczególną uwagę poświęcono metodom samodzielnego kierowanego uczenia się (SDL), które opierają się na teorii konstruktywistycznej. Zasadniczym zadaniem jest zrozumienie, w jaki sposób różne podejścia pedagogiczne mogą stymulować uczniów do samodzielnej nauki i aktywnego uczestnictwa w procesie edukacyjnym, na co wskazują uzyskane wyniki badań otrzymane w różnorodnych kontekstach edukacyjnych.
Słowa kluczowe: programowanie, umiejętności cyfrowe, nauczanie programowania.

WSTĘP

W obliczu coraz większego zapotrzebowania na umiejętności cyfrowe, rola edukacji programistycznej staje się kluczowa w kształceniu przyszłych pokoleń a także jak różnorodne sytuacje edukacyjne w programowaniu mogą stymulować uczniów do samodzielnej nauki i aktywnego uczestnictwa w procesie edukacyjnym.

Wykorzystując podejście analizy ilościowej, poniżej ukazano wyniki dotyczące tego, w jaki sposób różne metody nauczania programowania wpływają na inicjatywę i zaangażowanie uczniów w rozwiązywanie zadań programistycznych. Na szczególną uwagę zasługuje samodzielne kierowanie uczeniem się (SDL), które umożliwia uczniom definiowanie własnych celów edukacyjnych i samodzielne prowadzenie projektów. Koncept ten czerpie z teorii konstruktywistycznej, która zakłada, że uczniowie najlepiej uczą się przez aktywne uczestnictwo i budowanie wiedzy na podstawie własnych doświadczeń. Przedmiotem analizy są również różnice w podejściach edukacyjnych zależne od wieku i typu szkoły, co pozwala na głębsze zrozumienie, jak kontekst edukacyjny wpływa na aktywność uczniów w zakresie programowania. Przeprowadzone badania bazują na danych zebranych w różnych typach szkół oraz grupach wiekowych, co umożliwia szczegółową analizę wpływu tych czynników na zaangażowanie uczniów w programowanie.

Za punkt wyjścia do podjętych analiz należy przyjąć, że aktywność własna ucznia to indywidualnie podejmowane działania, które mają określony cel, są samodzielnie kierowane, wykonywane na własną odpowiedzialność oraz są realizowane dla własnego zadowolenia[1]. Również aktywność własna w zakresie programowania to samodzielnie podejmowana działalność, wykonywana z własnej inicjatywy i na własną odpowiedzialność, która ma na celu zdobycie wiedzy i umiejętności programistycznych. Poprzez tę aktywność uczeń dąży do poznania, zbadania i opanowania obszarów rzeczywistości i faktów w zakresie programowania[2]. A także sytuacja edukacyjna w programowaniu to takie działania nauczyciela, które tworzą przestrzeń dla ucznia, aby umożliwić mu podejmowanie własnej aktywności rozwojowej[3].

[1] Celiński, M. (2024). *Rozwijanie aktywności własnej uczniów poprzez programowanie: Podstawy teoretyczne*. Kraków: Wydawnictwo Scriptum, s.12.
[2] Tamże.
[3] Tamże.

ROLA SAMODZIELNIE KIEROWANEGO UCZENIA SIĘ W NAUCZANIU PROGRAMOWANIA

Samodzielnie kierowane uczenie się (SDL) to podejście, które pozwala uczniom na większą autonomię w procesie edukacyjnym. W kontekście nauczania programowania, SDL umożliwia uczniom definiowanie własnych celów edukacyjnych i prowadzenie własnych projektów, co jest kluczowe dla rozwijania umiejętności takich jak krytyczne myślenie, rozwiązywanie problemów i innowacyjność. Kontrakty uczenia się, które detalicznie opisują cele, strukturę oraz oczekiwania, okazują się być efektywnym narzędziem w tym procesie[4] (Hiemstra, 1993). W podejściu SDL kluczową rolę odgrywa teoria konstruktywistyczna, która podkreśla znaczenie budowania wiedzy przez ucznia na podstawie własnych doświadczeń. Konstruktywizm, promujący aktywne uczestnictwo uczniów w procesie nauczania, jest naturalnie zgodny z filozofią SDL. John Dewey, jeden z pionierów tego podejścia, argumentował, że edukacja powinna być procesem aktywnego odkrywania, a nie pasywnego przyswajania informacji. Na poziomie praktycznym, samodzielne uczenie się w programowaniu można realizować poprzez projekty, które uczą uczniów, jak samodzielnie formułować problemy i szukać rozwiązań. Projekt taki może być na przykład tworzeniem aplikacji lub systemu, który rozwiązuje realne problemy techniczne. Takie podejście jest wspierane przez literaturę, jak na przykład przez Strobel i van Barneveld (2009), którzy wskazują na znaczące korzyści wynikające z projektów bazujących na problemach, w tym lepsze zrozumienie materii i większe zaangażowanie w proces nauki. Ocena w modelu SDL obejmuje samoocenę, która jest istotnym elementem refleksji nad własnym postępem. Samoocena pozwala uczniom na identyfikację obszarów, które wymagają dodatkowego rozwoju, a także na celebrację osiągnięć. Narzędzia takie jak dzienniki projektów, które dokumentują postępy w nauce, są często używane do tego celu. Według Nicol i Macfarlane-Dick (2006), efektywna samoocena powinna być zintegrowana z regularnymi feedbackami od nauczycieli, co dodatkowo wzmacnia proces uczenia się[5]. Jednym z wyzwań w implementacji SDL w nauczaniu programowania jest zapewnienie, że wszyscy uczniowie są równie zaangażowani i zdolni do samodzielnej pracy. Wymaga to od nauczycieli rozwijania umiejętności dostosowywania zadani do indywidualnych potrzeb uczniów. W przyszłości, rosnąca integracja technologii, takich jak AI i uczenie maszynowe, może dalej transformować i personalizować proces nauczania, otwierając nowe możliwości dla samodzielnego uczenia się w różnych kontekstach edukacyjnych. Te obszary stanowią fundament dla rozważań na temat roli SDL w edukacji programistycznej, wskazując na jego potencjalne korzyści i wyzwania. Rozwój tego podejścia może znacząco wpłynąć na kształtowanie przyszłych pokoleń programistów, którzy zdecydowanie mają moc wpływania na zmiany w przemyśle technologicznym. Dalsze badania i rozwój metod nauczania takich jak SDL są kluczowe dla zapewnienia, że edukacja w dziedzinie programowania jest zarówno efektywna, jak i odpowiednia do potrzeb uczniów, przygotowując ich do przyszłych wyzwań w dynamicznie zmieniającym się świecie technologii.

METODOLOGIE AKTYWIZUJĄCE W NAUCZANIU PROGRAMOWANIA

Metody aktywne, takie jak projektowanie oparte na problemach czy metodyka scrum, zachęcają uczniów do aktywnego udziału w procesie nauczania. Poprzez realne zadania programistyczne, uczniowie nie tylko rozwijają techniczne umiejętności, ale również uczą się, jak pracować zespołowo i jak efektywnie komunikować się w grupie. Badania pokazują, że takie podejścia mogą znacząco zwiększyć zaangażowanie i motywację uczniów, co przekłada się na lepsze wyniki w nauce Metodologie aktywizujące, takie jak projektowanie oparte na

[4] Hiemstra, R. (1993). Creating environments for effective adult learning. San Francisco: Jossey-Bass.
[5] Nicol, D. J., & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. Studies in Higher Education, 31(2), 199-218

problemach (PBL) i metodyka Scrum, zmieniają krajobraz edukacji programistycznej, umożliwiając uczniom aktywne uczestnictwo w procesie nauczania. Te podejścia nie tylko poprawiają techniczne umiejętności uczniów, ale także uczą ich, jak efektywnie współpracować i komunikować się w zespole. W dłuższej analizie omówię szczegółowo, jak te metody wpływają na zaangażowanie, motywację oraz wyniki edukacyjne uczniów. Projektowanie oparte na problemach (PBL) jest metodą, która zachęca uczniów do głębokiego zaangażowania w proces nauczania poprzez praktyczne rozwiązywanie realnych problemów. PBL jest szczególnie skuteczne w nauczaniu programowania, ponieważ wymaga od uczniów nie tylko stosowania umiejętności kodowania, ale również krytycznego myślenia, planowania i współpracy. Przykładowo, badania Thomasa (2000) wykazały, że PBL zwiększa zrozumienie uczniów dla złożonych koncepcji programistycznych i prowadzi do lepszego zaangażowania w proces nauczania[6]. Metody Scrum i Agile, popularne w zarządzaniu projektami programistycznymi, są również stosowane w edukacji jako narzędzia do zarządzania projektami uczniowskimi. Te metodyki zwinne promują iteracyjny rozwój i ciągłą ocenę, co idealnie wpisuje się w dynamiczny charakter nauki programowania. Integracja metod aktywnych, takich jak PBL i Scrum, z tradycyjnym nauczaniem programowania może stanowić wyzwanie, ale jednocześnie oferuje liczne korzyści. Połączenie wykładów, praktyk programistycznych i projektów opartych na problemach tworzy zintegrowane środowisko nauczania, które może zwiększyć zrozumienie materiału i motywację uczniów. Jak wskazują Helle, Tynjälä, i Olkinuora (2006), taka hybrydowa struktura kursu może pomóc uczniom lepiej radzić sobie z wymagającymi zagadnieniami programistycznymi, poprzez stosowanie teorii w praktyce[7]. Rozwój technologii i zmieniające się wymagania rynku pracy sugerują, że metody aktywne będą odgrywały coraz większą rolę w edukacji programistycznej. Innowacje takie jak uczenie maszynowe, sztuczna inteligencja i wirtualna rzeczywistość otwierają nowe możliwości dla integracji tych metod w nauczaniu programowania.

Proces refleksji i samooceny jest nieodłącznym elementem skutecznego procesu uczenia się programowania. Umożliwiają one uczniom ocenę własnych postępów, identyfikację obszarów wymagających dodatkowego rozwoju oraz dostosowanie strategii nauki. Regularne spotkania z nauczycielami oraz rozmowy zwrotne od rówieśników również odgrywają kluczową rolę w tym procesie, umożliwiając głębsze zrozumienie materiału oraz lepsze dostosowanie metodyki nauczania do indywidualnych potrzeb ucznia[8] (Hammond & Collins, 1991). Samoocena i refleksja są niezastąpione w procesie nauki programowania, ponieważ umożliwiają uczniom głębsze zrozumienie i ulepszanie ich technik programowania. Proces ten zaczyna się od samowiedzy ucznia o własnych mocnych i słabych stronach, co jest kluczowe dla personalizacji ścieżki edukacyjnej i dostosowania technik nauczania. W kontekście akademickim, refleksja umożliwia studentom przemyślenie, jak rozwiązywanie problemów programistycznych i projekty zastosowane w praktyce przyczyniają się do ich ogólnego rozwoju umiejętności[9]. W edukacji programistycznej istnieje wiele technik i narzędzi, które wspierają proces samooceny i refleksji. Dzienniki programowania, recenzje kodu przez rówieśników i retrospektywy projektów to tylko niektóre z metod wykorzystywanych do tego celu. Te techniki nie tylko pomagają studentom identyfikować błędy i obszary do poprawy, ale także sprzyjają budowaniu umiejętności krytycznego myślenia i samodzielnego rozwiązywania problemów[10]. Nauczyciele i mentorzy odgrywają kluczową rolę w procesie refleksji i

[6] Thomas, J. W. (2000). A Review of Research on Project-Based Learning.
[7] Helle, L., Tynjälä, P., & Olkinuora, E. (2006). Project-Based Learning in Post-Secondary Education – Theory, Practice and Rubber Sling Shots. Higher Education, 51, 287-314.
[8] Hammond, M. & Collins, R. (1991). Self-directed learning: Critical practice.
[9] Tamże.
[10] Nicol, D. J., & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice." Studies in Higher Education, 31(2), 199-218.

samooceny studentów. Poprzez zapewnienie konstruktywnego feedbacku i prowadzenie dyskusji o technikach programowania, nauczyciele mogą znacząco przyczynić się do rozwoju umiejętności programistycznych swoich uczniów. Regularne spotkania, w których omawiane są zarówno sukcesy, jak i porażki w projektach, są niezbędne dla ugruntowania wiedzy i umiejętności praktycznych[11]. Prezentacja studiów przypadków, w których zastosowano samoocenę i refleksję w nauczaniu programowania, może zilustrować realne korzyści i wyzwania tego procesu. Przykłady z różnych instytucji edukacyjnych, zarówno z krajów rozwiniętych, jak i rozwijających się, pomogą zrozumieć, jak te praktyki są implementowane na świecie i jakie przynoszą efekty[12]. W kontekście ciągłych zmian w technologiach i metodologiach programowania, samoocena i refleksja będą nadal ewoluować. Przyszłość edukacji programistycznej może obejmować bardziej zaawansowane narzędzia do analizy i oceny kodu, które wykorzystują sztuczną inteligencję i uczenie maszynowe, aby zapewnić jeszcze bardziej szczegółowy wgląd w postępy uczniów.

Dane zaprezentowane w tabeli 1 zawierają wyniki dotyczące deklaracji badanych dotyczących rodzajów zadań programistycznych, które rozwiązują na przedmiocie informatyki z uwzględnieniem profilu klasy.

Tablica 1. Zadania programistyczne rozwiązywane na zajęciach informatyki w deklaracjach badanych – z uwzględnieniem płci.

Rodzaj zadania programistycznego - informatyka	**Płeć**				**Ogółem**	
	Kobieta		**Mężczyzna**			
	N	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**
Zadania logiczne	144	18,07	278	20,52	422	19,61
Zadania matematyczne	131	16,44	254	18,75	385	17,89
Zadania problemowe	82	10,29	173	12,77	255	11,85
Zadania sytuacyjne	74	9,28	145	10,70	219	10,18
Zadania algorytmiczne	206	25,85	308	22,73	514	23,88
Zadania projektowe	160	20,08	197	14,54	357	16,59
Inne (jakie?)	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Nie rozwiązuje zadań w zakresie programowania na tym przedmiocie	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Ogółem	797	100	1355	100	2152	100
Wynik testu chi-kwadrat - **p-value=0,003**						

Źródło. Opracowanie własne

Jak pokazują dane zawarte w powyższej tabeli, zadania algorytmiczne dominują w deklaracjach zarówno kobiet (25,85%) jak i mężczyzn (22,73%), co sugeruje ich centralne

[11] Schön, D. A. (1983). The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action.
[12] Boud, D., Keogh, R., & Walker, D. (1985). Reflection: Turning Experience into Learning.

miejsce w kurikulum informatycznym. Ogółem stanowią one 23,88% wszystkich zadań. Zadania projektowe pokazują wyraźniejsze różnice w preferencjach płciowych; 20,08% kobiet deklaruje ich rozwiązywanie w porównaniu do 14,54% mężczyzn. Stanowią one 16,59% ogółu deklaracji, co może wskazywać na ich atrakcyjność wśród kobiet. Zadania logiczne i matematyczne są częściej deklarowane przez mężczyzn (odpowiednio 20,52% i 18,75%) niż kobiety (18,07% i 16,44%), co może sugerować różnice w sposobach podejścia do problemów logicznych i matematycznych między płciami. Zadania problemowe i sytuacyjne pokazują mniejsze zainteresowanie wśród obu płci, jednak wciąż są częściej wybierane przez mężczyzn (12,77% i 10,70%) niż kobiety (10,29% i 9,28%). Brak deklaracji dotyczących rozwiązywania innych zadań programistycznych oraz brak uczestników stwierdzających, że nie rozwiązują żadnych zadań na przedmiocie informatyki (0% dla obu płci), co może sugerować dość standardowy zakres zadań w nauczaniu informatyki.

Analiza zestawienia liczbowego zawartego w powyższej tabeli wskazuje, iż występuje istotna statystycznie różnica pomiędzy płcią (p=0,003) a rozwiązywanymi rodzajami zadaniami programistycznymi na przedmiocie informatyka. Można więc sformułować wniosek, iż zmienna płci różnicuje w stopniu istotnym statystycznie rozwiązywania poszczególnych zadań programistycznych na zajęciach informatyki.

Dane zaprezentowane w tabeli 2 zawierają wyniki dotyczące deklaracji badanych dotyczących rodzajów zadań programistycznych, które rozwiązują na przedmiocie informatyki z uwzględnieniem profilu klasy.

Tablica 2. Zadania programistyczne rozwiązywane na zajęciach informatyki w deklaracjach badanych licealistów – z uwzględnieniem typu szkoły.

Rodzaj zadania programistycznego - informatyka	**Typ szkoły**				**Ogółem**	
	Liceum		**Technikum**			
	N	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**
Zadania logiczne	144	18,07	278	20,52	422	19,61
Zadania matematyczne	131	16,44	254	18,75	385	17,89
Zadania problemowe	82	10,29	173	12,77	255	11,85
Zadania sytuacyjne	74	9,28	145	10,70	219	10,18
Zadania algorytmiczne	206	25,85	308	22,73	514	23,88
Zadania projektowe	160	20,08	197	14,54	357	16,59
Inne (jakie?)	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Nie rozwiązuje zadań w zakresie programowania na tym przedmiocie	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Ogółem	797	100	1355	100	2152	100
Wynik testu chi-kwadrat - **p-value=0,003**						

Źródło. Opracowanie własne

Rodzaj zadania programistycznego - informatyka	Typ szkoły				Ogółem	
	Liceum		Technikum,			
	N	%	N	%	N	%
Zadania logiczne	175	17,40	247	21,55	422	19,61
Zadania matematyczne	174	17,30	211	18,41	385	17,89
Zadania problemowe	115	11,43	140	12,22	255	11,85
Zadania sytuacyjne	97	9,64	122	10,65	219	10,18
Zadania algorytmiczne	254	25,25	260	22,69	514	23,88
Zadania projektowe	191	18,99	166	14,49	357	16,59
Inne (jakie?)	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Nie rozwiązuje zadań w zakresie programowania na tym przedmiocie	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Ogółem	1006	100	1146	100	2152	100
Wynik testu chi-kwadrat - **p-value=0,016**						

Źródło. Opracowanie własne

Jak wskazują dane zawarte w tabeli nr 2, większą procentową ilość deklaracji rozwiązywania zadań logicznych odnotowano w technikach (21,55%) w porównaniu do liceów (17,40%). Ogółem stanowią one 19,61% wszystkich zadań. Zadania matematyczne podobnie jak zadania logiczne, te matematyczne są częściej deklarowane przez uczniów techników (18,41%) niż licealistów (17,30%). Zadania problemowe również tutaj uczniowie techników (12,22%) częściej zgłaszają rozwiązywanie zadań problemowych niż uczniowie liceów (11,43%).Zadania sytuacyjne tutaj różnice są niewielkie, ale zadania sytuacyjne są nieco częściej rozwiązywane w technikach (10,65%) niż w liceach (9,64%). Zadania algorytmiczne najczęściej deklarowane przez uczniów liceów (25,25%), choć także popularne w technikach (22,69%). Zadania projektowe znacznie częściej deklarowane przez uczniów liceów (18,99%) niż przez uczniów techników (14,49%).

Analiza zestawienia liczbowego zawartego w powyższej tabeli wskazuje, iż występuje istotna statystycznie różnica pomiędzy typem szkoły (p=0,016) a rodzajem rozwiązywanych zadań programistycznych na przedmiocie informatyka. Można więc sformułować wniosek, iż zmienna typ szkoły różnicuje w stopniu istotnym statystycznie rozwiązywane na poszczególnych zadań programistycznych na zajęciach informatyki.

Dane zaprezentowane w tabeli 3 zawierają wyniki dotyczące deklaracji badanych w zakresie rodzajów zadań programistycznych, które rozwiązują na przedmiocie matematyki z uwzględnieniem wieku.

Tablica 3. Zadania programistyczne rozwiązywane na zajęciach matematyki w deklaracjach badanych – z uwzględnieniem wieku.

Rodzaj zadania programistycznego – matematyka	**Wiek**				**Ogółem**	
		15-17	**18-19**			
	N	**%**	**N**	**%**		**%**
Zadania logiczne	123	12,59	36	18,18	159	13,53
Zadania matematyczne	324	33,16	81	40,91	405	34,47
Zadania problemowe	82	8,39	17	8,59	99	8,43
Zadania sytuacyjne	39	3,99	4	2,02	43	3,66
Zadania algorytmiczne	70	7,16	17	8,59	87	7,40
Zadania projektowe	9	0,92	1	0,51	10	0,85
Inne (jakie?)	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Nie rozwiązuje zadań w zakresie programowania na tym Przedmiocie	330	33,78	42	21,21	372	31,66
Ogółem	977	100	198	100	1175	100
Wynik testu chi-kwadrat - **p-value=0,008**						

Źródło. Opracowanie własne

Jak zauważamy na podstawie otrzymanych danych, zadania logiczne są znacznie częściej rozwiązywane przez starszych uczniów (18,18%) niż przez młodszych (12,59%). Zadania matematyczne są najpopularniejsze w obu grupach, z wyższym procentem wśród starszych uczniów (40,91% wobec 33,16%). Zadania problemowe utrzymują podobny poziom zainteresowania w obu grupach. Zadania sytuacyjne oraz zadania projektowe wykazują spadek zainteresowania w starszej grupie. Zadania algorytmiczne notują niewielki wzrost zainteresowania wśród uczniów 18-19 lat. Udział uczniów, którzy nie rozwiązują żadnych zadań programistycznych, jest znacząco wyższy wśród młodszych uczniów.

Analiza zestawienia liczbowego zawartego w powyższej tabeli wskazuje, iż występuje istotna statystycznie różnica pomiędzy wiekiem (p=0,008) a rodzajem rozwiązywanych zadań programistycznych na przedmiocie matematyki. Można więc sformułować wniosek, iż zmienna wieku różnicuje w stopniu istotnym statystycznie rozwiązywania poszczególnych zadań programistycznych na zajęciach matematyki.

PODSUMOWANIE

Przedstawiony wpływ sytuacji edukacyjnych w programowaniu na aktywność własną uczniów, wskazując na znaczenie różnorodnych metod nauczania w rozwoju umiejętności programistycznych. Takie jak samodzielnie kierowane uczenie się (SDL), oparte na teorii konstruktywizmu, pozwala uczniom na większą autonomię i zaangażowanie w proces edukacyjny poprzez realizację własnych projektów jednostkę. To podejście sprzyja nie tylko

nauce technicznych aspektów programowania, ale również rozwija umiejętności takie jak krytyczne myślenie i rozwiązywanie problemów.

Należy zwrócić uwagę, że różnice w podejściach edukacyjnych, związane z wiekiem i typem szkoły uczniów, wpływają na ich aktywność programistyczną. Wyniki badań wskazują, że starsi uczniowie oraz uczniowie techników są bardziej skłonni do angażowania się w zadania logiczne i matematyczne, co może świadczyć o ich większym doświadczeniu i umiejętnościach analitycznych. Młodsi uczniowie i uczniowie liceów częściej wykazują zainteresowanie zadania projektowymi, co może odzwierciedlać różnice w programach nauczania lub metodach pedagogicznych stosowanych w różnych typach szkół.

Na podkreślenie zasługuje znaczenie oceny w modelu SDL, gdzie samoocena odgrywa kluczową rolę w refleksji uczniów nad własnym postępem. Takie podejście umożliwia uczniom nie tylko identyfikację obszarów wymagających poprawy, ale także celebrowanie osiągnięć, co jest istotne dla motywacji i zaangażowania w dalszą naukę.

W kontekście rosnącej współcześnie integracji technologii, AI i uczenia maszynowego, należy podkreślić potrzebę dostosowania metod nauczania do zmieniających się warunków i możliwości, które te technologie oferują. Metody aktywne, takie jak: projektowanie oparte na problemach czy metodyka scrum, zyskują na znaczeniu jako sposoby na efektywne wdrażanie teorii w praktyce, co wspiera uczniów w rozwijaniu praktycznych umiejętności programistycznych oraz współpracy w grupie.

Podsumowując, analiza wpływu sytuacji edukacyjnych na rozwój umiejętności programistycznych, podkreślają rolę samodzielnego kierowanego uczenia się w kształtowaniu zdolności uczniów do samodzielnej pracy i krytycznego myślenia. Przedstawione wyniki mają kluczowe znaczenie dla przyszłości edukacji programistycznej, wskazując na potrzebę ciągłego dostosowywania metod nauczania do indywidualnych potrzeb uczniów oraz szybko zmieniającego się środowiska technologicznego.

Bibliografia

1. Arsoba R., Podstawy programowania, Koszalin 2010.
2. Boud D., Keogh R. & Walker D., Reflection: Turning Experience into Learning, London 1985.
3. Celiński M. (2024), Rozwijanie aktywności własnej uczniów poprzez programowanie: Podstawy teoretyczne, Kraków 2024.
4. Hammond M. & Collins R., Self-directed learning: Critical practice, New York 1991.
5. Helle L., Tynjälä P., & Olkinuora E., Project-Based Learning in Post-Secondary Education – Theory, Practice and Rubber Sling Shots. Higher Education, 51/2006.
6. Hiemstra, R., Creating environments for effective adult learning, San Francisco 1993.
7. Nicol D. J., & Macfarlane-Dick D., Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. Studies in Higher Education, 31(2)/2006.
8. Schön D. A., The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action, New York 1983.
9. Sysło M. M., Myślenie Komputacyjne. Nowe spojrzenie na kompetencje informatyczne, w: „Informatyka w Edukacji" Tom XI, Toruń 2014,
10. Thomas J. W., A Review of Research on Project-Based Learning, San Rafael 2000.

WYZNACZANIE GRANICZNYCH ROZKŁADÓW WYMIARÓW PORÓW W PRZEPUSZCZALNYCH MATERIAŁACH POROWATYCH NA PODSTAWIE DANYCH POROZYMETRII RTĘCIOWEJ

Cieszko, M., Kempiński M., Czerwiński T.
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, Polska

Streszczenie. W artykule wykorzystano proste modele losowe opisujące krzywe wciskania rtęci w próbkę materiału porowatego o kapilarnej i łańcuchowej architekturze przestrzeni porów do wyznaczania dwóch objętościowych rozkładów średnic porów ograniczających zakres występowania rzeczywistego rozkładu średnic w badanej próbce. Zaproponowana procedura rozszerza standardową metodę porozymetrii rtęciowej, w której rozkład średnic porów w badanym materiale porowatym wyznaczany jest na podstawie prostego modelu kapilarnego. Wykazano, że oba graniczne rozkłady można bezpośrednio wyznaczyć na podstawie danych porozymetrii rtęciowej a rozkład generowany przez model łańcuchowy powstaje w wyniku transformacji rozkładu generowanego przez model kapilarny. Zaproponowana procedura umożliwia zarówno badanie parametryczne zależności obu rozkładów granicznych i zakresu ich występowania od postaci danych eksperymentalnych, jak i wyznaczanie tych rozkładów na podstawie krzywych potencjału kapilarnego.
Słowa kluczowe: porozymetria rtęciowa, rozkład średnic porów, modele graniczne.

1. Wprowadzenie

Jedną z podstawowych metod wyznaczania rozkładu wymiarów porów materiałów porowatych jest porozymetria rtęciowa w której wykorzystuje się właściwość fizyczną rtęci jaką jest brak zwilżania powierzchni większości materiałów. Metoda ta polega na eksperymentalnym wyznaczaniu tzw. krzywej potencjału kapilarnego poprzez kontrolowane wciskanie rtęci w materiał porowaty z jednoczesnym pomiarem objętości oraz ciśnienia wciskanej rtęci. Podstawę interpretacji tej krzywej stanowi wzór Washburna, opisujący równowagę menisku w cylindrycznej kapilarze. Wiąże on różnicę ciśnień po obu stronach menisku (ciśnienie kapilarne) ze średnicą kapilary. Umożliwia to bezpośrednie uzyskanie zależności objętości wciśniętej rtęci od średnicy kapilary, która jest interpretowana, jako skumulowany rozkład objętościowy średnic porów w materiale porowatym. Takie podejście jest równoważne założeniu, że materiał porowaty ma kapilarną architekturę przestrzeni porów, złożoną z jednorodnych cylindrycznych kapilar o losowym rozkładzie średnic, przenikających cały materiał porowaty. Wadą modelu kapilarnego jest nie uwzględnienie sytuacji występujących w rzeczywistych materiałach porowatych, w których duże pory połączone są między sobą poprzez wąskie przejścia. Uniemożliwia to zapełnienie tych porów rtęcią przy ciśnieniu odpowiadającym ich średnicy. W efekcie następuje przeszacowanie objętości porów małych kosztem objętości porów dużych.

W pracy zastosowano proste modele losowe opisujące krzywe wciskania rtęci w próbki materiałów porowatych o kapilarnej i łańcuchowej architekturze przestrzeni porów. Oba modele są modelami granicznymi sieciowej architektury przestrzeni porów, którą można utożsamiać z architekturą porów w rzeczywistych materiałach porowatych. Oznacza to, że rozkłady średnic porów generowane przez te modele wyznaczają graniczne rozkłady wyznaczające zakres występowania rzeczywistego rozkładu średnic porów badanego materiału. Rozkłady te definiują stopień niedokładności metody wyznaczania na podstawie danych porozymetrii rtęciowej spowodowany nieokreślonością architektury przestrzeni porów próbki oraz wpływem jej wielkości i kształtu. Proponowana procedura rozszerza standardową metodę porozymetrii rtęciowej, w której jedynie graniczny model kapilarny wykorzystywany jest do wyznaczania rozkładu średnic porów, utożsamiany z rozkładem w badanym materiale porowatym.

W pracy wykazano, że oba graniczne skumulowane rozkłady można bezpośrednio wyznaczyć na podstawie danych porozymetrii rtęciowej, a rozkład generowany przez model łańcuchowy powstaje w wyniku transformacji rozkładu generowanego przez model kapilarny. Ponieważ model łańcuchowy zależy również od parametru reprezentującego średnią charakterystykę kształtu i wielkości badanej próbki w stosunku do średniej długości ogniw w modelu, procedura zawiera również opis metody oceny wartości tego parametru. Zaproponowana procedura umożliwia zarówno badanie parametryczne zależności obu rozkładów granicznych i zakresu ich występowania od postaci danych eksperymentalnych, jak i wyznaczanie tych rozkładów na podstawie krzywych potencjału kapilarnego.

2. Graniczne modele krzywych wciskania rtęci

W niniejszej rozdziale przedstawiono główne wyniki analizy teoretycznej quasi-statycznych procesów wciskania rtęci w materiał porowaty o łańcuchowej strukturze przestrzeni porów uzyskane w pracy [1]. Dotyczą one opisu wnikania rtęci w kulę materiału porowatego i stanowią teoretyczną podstawę rozważań prowadzonych w niniejszej pracy. Aby uzyskać proste, jawne wyrażenia krzywych wciskania rtęci, przeanalizowano proces wciskania w próbkę o kapilarnym i łańcuchowym modelu struktury przestrzeni porów, które ograniczają zakres występowania tych krzywych w próbkach materiałów porowatych o dowolnej, sieciowej strukturze przestrzeni porów. Opisano krzywe wciskania rtęci w porowatą kulę analizując kolejno procesy wciskania w półprzestrzeń i warstwę materiału porowatego. Następnie wyniki te uogólniono na porowate próbki o dowolnym kształcie i rozmiarze.

2.1. Podstawowe założenia

W pracy [1] założono, że przestrzeń porów rzeczywistych materiałów porowatych może być dokładnie odwzorowana przez przestrzenny model sieciowy, w którym poszczególne pory są cylindrycznymi rurkami (ogniwami) o losowej średnicy D i długości u, opisanymi odpowiednio niezależnymi rozkładami gęstości prawdopodobieństwa $\psi(D)$ i $\varphi(u)$. Rozkłady te oraz architektura przestrzenni porów, czyli sposób w jaki pory są ze sobą połączone, determinują strukturę przestrzeni porów takiego ośrodka. Architektura porów powoduje, że nawet dla tego samego rozkładu wielkości porów w materiale modelowym, jego struktura przestrzeni porów może być inna. Ze względu na złożoność architektury przestrzeni porów wyróżnia się trzy rodzaje modeli struktury porów: kapilarny, łańcuchowy i sieciowy. W modelu kapilarnym ogniwa o takiej samej średnicy są łączone szeregowo i tworzą długie kapilary o stałych średnicach przecinające cały materiał. W modelu łańcuchowym ogniwa o losowej średnicy są połączone szeregowo i tworzą kapilary o skokowo zmiennym się przekroju. W modelu sieciowym losowo połączone ze sobą ogniwa tworzą sieć przestrzenną.

Podstawowym równaniem wykorzystywanym przy interpretacji danych wciskania rtęci jest wzór Washburna, [2],

$$D^* = -4\sigma\, cos(\theta)/p\ , \tag{2.1}$$

opisujący stan równowagi menisku rtęci w cylindrycznej kapilarze. Wiąże on ciśnienie p w rtęci o współczynniku napięcia powierzchniowego σ rtęci i kącie θ zwilżania materiału szkieletu ze średnicą ogniwa D^*.

Ogniwa o średnicy D^*, określonej przez relację (2.1), nazywane są ogniwami krytycznymi. Dzielą one zbiór wszystkich ogniw w modelu przestrzeni porów na dwa podzbiory. Pierwszy z nich składa się z ogniw nadkrytycznych o średnicach większych niż średnica D^*. Ogniwa te mogą być wypełnione rtęcią przy danym ciśnieniu. Drugi podzbiór składa się z ogniw podkrytycznych o średnicach mniejszych od średnicy krytycznej D^*, których zapełnienie rtęcią przy danym ciśnieniu jest niemożliwe. Oznacza to, że podczas procesu wciskania rtęci w

próbkę materiału porowatego, rtęć wypełnia tylko kilka początkowych ogniw nadkrytycznych przestrzeni porów, aż do wystąpienia pierwszego połączenia z ogniwem podkrytycznym.

Ze względu na losowy charakter rozkładu średnic ogniw, głębokość umiejscowienia menisku w przestrzeni porowej będzie przyjmowała wartości losowe. Jedynie w porach, w których pierwsze ogniwo jest podkrytyczne, meniski będą występowały na powierzchni próbki. W związku z tym, rozkład rtęci w próbce materiału porowatego o sieciowej lub łańcuchowej strukturze przestrzeni porów zależy od kształtu i wielkości próbki. Rozkład ten jest zawsze jednorodny w próbkach o kapilarnej architekturze przestrzeni porów. W próbkach o łańcuchowej strukturze przestrzeni porów, każda łańcuchowa kapilara jest wypełniana rtęcią niezależnie od przebiegu tego procesu w pozostałych kapilarach. Dlatego opis wciskania rtęci w próbkę o łańcuchowej architekturze przestrzeni porów jest znacznie prostszy niż opis w próbkę o architekturze sieciowej. Oznacza to również, że opis wciskania rtęci w próbkę materiału porowatego w kształcie kuli może opierać się na wynikach jej wciskania w półprzestrzeń oraz warstwę materiału porowatego.

2.2. Wciskanie rtęci w porowatą półprzestrzeń

Aby wyprowadzić równanie opisujące quasi-statyczny proces wciskania rtęci w półprzestrzeń materiału porowatego o łańcuchowej architekturze przestrzeni porów założono, że materiał porowaty zajmujący półprzestrzeń $z > 0$ ma początkowo puste pory i jest w bezpośrednim kontakcie z rtęcią zajmującą półprzestrzeń $z < 0$. Analizując strukturę zbioru kapilar łańcuchowych z pierwszym ogniwem nadkrytycznym, w pracy [1] otrzymano wyrażenie określające prawdopodobieństwo $F(z)$ wystąpienia rtęci na głębokości z porowatej półprzestrzeni. Wyrażenie to ma postać

$$F(z) = f_o \int_z^\infty \eta(u)du + f_o \int_0^z F_o(z-u)\eta(u)du \tag{2.2}$$

gdzie funkcja

$$\eta(u) = \frac{1}{\bar{u}} \int_u^\infty \varphi(u)du \tag{2.3}$$

reprezentuje rozkład długości pierwszych ogniw losowo obciętych kapilar a przez $\bar{u}$ oznaczono średnią długość ogniw w ośrodku, podczas gdy

$$f_o(D^*) = \int_{D^*}^\infty \psi(D)dD \tag{2.4}$$

jest prawdopodobieństwem wystąpienia ogniwa nadkrytycznego w ośrodku, a średnica D^* jest funkcją ciśnienia p daną wzorem (2.1).

Funkcja $F_o(u)$ w wyrażeniu (2.2) określa prawdopodobieństwo wystąpienia rtęci na głębokości z porowatej półprzestrzeni o łańcuchowej architekturze przestrzeni porów, w której pierwsze ogniwa nie są obcięte. Funkcja ta jest dana przez całkowe równanie Volterry drugiego rodzaju postaci

$$F_o(z) = f_o \int_z^\infty \varphi(u)du + f_o \int_0^z F_o(z-u)\varphi(u)du\ . \tag{2.5}$$

Funkcje $F(z)$ i $F_o(z)$ w (2.5) określają jednocześnie prawdopodobieństwo wystąpienia rtęci w pojedynczej kapilarze o losowym rozkładzie średnic porów.

Równania (2.2) i (2.3) można przekształcić do postaci określającej rozkład $s(z)$ oraz $s_o(z)$ nasycenia rtęcią w porowatej półprzestrzeni. Jest to możliwe, ponieważ wielkości te są liniowo związane z prawdopodobieństwami $F(z)$ i $F_o(z)$:

$$s(z) = F(z)\, f_2/f_o\ , \qquad s_o(z) = F_o(z)\, f_2/f_o \tag{2.6}$$

gdzie

$$f_2(D^*) = \int_{D^*}^\infty \vartheta(D)dD\ , \tag{2.7}$$

natomiast funkcja

$$\vartheta(D) = D^2/\overline{D^2}^{\psi}\,\psi(D) \tag{2.8}$$

reprezentuje objętościowy rozkład średnic ogniw, przy czym

$$\overline{D^2}^{\psi} = \int_0^{\infty} D^2\psi(D)dD\ . \tag{2.9}$$

Rozkład $\vartheta(D)$ charakteryzuje udział objętościowy ogniw o średnicy D w całkowitej objętości porów ośrodka.

2.3. Wciskanie rtęci w porowatą warstwę

Wyniki opisu wciskania rtęci w półprzestrzeń materiału porowatego mogą być bezpośrednio wykorzystane do opisu dwustronnego wciskania rtęci w porowatą warstwę o łańcuchowej strukturze przestrzeni porów. Ze względu na taką strukturę, wciskanie rtęci w pory warstwy może być rozważane, jako proces dwuetapowy, realizowany kolejno jako wciskanie lewostronne i prawostronne lub odwrotnie. Podczas tego procesu rtęć całkowicie wypełnia kapilary nadkrytyczne, które składają się tylko z ogniw nadkrytycznych, podczas gdy kapilary podkrytyczne zawierające również ogniwa nadkrytyczne pozostają częściowo puste. Oznacza to, że procesy wciskania rtęci do podkrytycznych kapilar po lewej i prawej stronie warstwy są niezależne i równoważne, a proces wciskania rtęci do warstwę jest symetryczny.

Oznaczając jako $F_L(z)$ prawdopodobieństwo wystąpienia rtęci na głębokości z warstwy L podczas dwustronnego wciskania rtęci, rozkład rtęci w warstwie może być wyrażony przez rozkład w półprzestrzeni. Zależność ta przyjmuje postać

$$F_L(z) = F(z) + F(L-z) - F(L) \tag{2.10}$$

gdzie $F(z)$ jest prawdopodobieństwem wystąpienia rtęci na głębokości z półprzestrzeni, danym równaniem (2.2).

Biorąc pod uwagę zależność $(2.6)_1$, podobne wyrażenie do (2.10) można sformułować dla rozkładu $s_L(z)$ nasycenia warstwy rtęcią. Mamy

$$s_L(z) = s(z) + s(L-z) - s(L) \tag{2.11}$$

gdzie

$$s_L(z) = F_L(z)\,f_2/f_{\mathrm{o}}\ . \tag{2.12}$$

Wyrażenie (2.11) z kolei umożliwia zdefiniowanie nasycenia $\bar{s}_L(p,L)$ porowatej warstwy rtęcią jako średniej wartości rozkładu nasycenia w warstwie. Wielkość ta jest funkcją ciśnienia p w rtęci i nazywana potencjałem kapilarnym warstwy. Wielkość ta dana jest wzorem

$$\bar{s}_L(p,L) = (2\bar{F}(p,L) - F(p,L))\,f_2/f_{\mathrm{o}} \tag{2.13}$$

gdzie $\bar{F}(p,L)$ jest średnią wartością prawdopodobieństwa wystąpienia rtęci w warstwie porowatej półprzestrzeni o grubości L.

Matematyczna złożoność opisu krzywej potencjału kapilarnego warstwy (2.13) jest spowodowana losowym rozkładem długości ogniw w łańcuchowych kapilarach oraz ich losowym położeniem w warstwie, co znajduje odzwierciedlenie w postaci równań (2.2) i (2.5) definiujących prawdopodobieństwa $F(z)$ i $F_{\mathrm{o}}(z)$. W pracy [1], wykazano że oba czynniki nie wpływają istotnie na krzywą potencjału kapilarnego warstwy, gdy jej grubość L jest znacznie większa niż średnia długość ogniwa $\overline{u}$ $(L/\overline{u} \gg 1)$. Warunek taki zapewnia pełną statystyczną reprezentację łańcuchów ogniw (porów) w warstwie, co oznacza, że nasycenie warstwy rtęcią dla danego ciśnienia zależy głównie od średniego położenia menisku w warstwie, które jest w pełni określone przez średnią długość ogniwa $\overline{u}$ i prawdopodobieństwo f_{o} wystąpienia ogniwa nadkrytycznego. Oznacza to, że opis krzywej potencjału kapilarnego porowatej warstwy o losowej długości ogniwa może być dobrze reprezentowany przez prosty model łańcuchowy (zwany periodycznym), złożony z ogniw o stałej długości, równej średniej długości ogniw

$\overline{u}$ ($a = \overline{u}$) w modelu losowym, w którym węzły ogniw występują na powierzchniach warstwy. W tym przypadku, rozkład prawdopodobieństwa długości $\varphi(u)$ ogniw przyjmuje postać funkcji delty Diraca,

$$\varphi(u) = \delta(u - a), \tag{2.14}$$

a grubość L warstwy jest wielokrotnością długości ogniwa a ($L = Na$). Z kolei, potencjał kapilarny warstwy (2.13) jest definiowany przez prawdopodobieństwo $F_{\text{o}}(z)$, a równanie (2.5) ma analityczne rozwiązanie. Dlatego, potencjał kapilarny warstwy $\bar{s}_L(p, L)$ jest określony przez wyrażenie

$$\bar{s}_L(p, L) = \left(\frac{2}{N}\,\frac{1-f_{\text{o}}^N}{1-f_{\text{o}}} - f_{\text{o}}^{N-1}\right) f_2 \tag{2.15}$$

gdzie $N = L/a = L/\overline{u}$.

2.4. Wciskanie rtęci do porowatą kulę

Opis potencjału kapilarnego warstwy, dany przez wyrażenie (2.15) może być również wykorzystany do sformułowania opisu potencjału kapilarnego porowatej kuli o łańcuchowej architekturze przestrzeni porów. Zakładając, że sferyczna próbka materiału porowatego ma jednorodną i izotropową architekturę łańcuchów ogniw reprezentujących pory, a średnica kuli D_{o} jest znacznie większa od średniej długość $\overline{u}$ ogniw ($D_{\text{o}} \gg \overline{u}$). Oznacza to, że rozkład rtęci w kulce jest niejednorodny, jak w próbkach o sieciowej architekturze przestrzeni porów. Ze względu jednak na brak połączeń między łańcuchowymi kapilarami, opis procesu wciskania w poszczególne kapilary porowatej kuli jest taki sam, jak opis wciskania rtęci porowatą warstwę.

Ponieważ wyrażenie (2.15) opisuje również nasycenie rtęcią łańcuchowej kapilary o losowej długości L, nasycenie kulki rtęcią można zdefiniować jako średnie nasycenie wszystkich kapilar łańcuchowych zawartych w tej kulce. Przyjmuje ono postać

$$\bar{s}_B(p, L) = \frac{1}{\overline{L}} \int_0^{D_{\text{o}}} \bar{s}_L(p, L) f(L, D_{\text{o}}) L dL \tag{2.16}$$

gdzie funkcja

$$f(L, D_{\text{o}}) = 2\,\frac{L}{D_{\text{o}}^2} \tag{2.17}$$

reprezentuje rozkład długości kapilar (cięciw) w kulistej próbce [3], natomiast

$$\overline{L} = 2/3\, D_{\text{o}} \tag{2.18}$$

jest ich średnią wartością.

Niewielki wpływ rozkładu długości ogniw i losowego rozmieszczenia łańcuchowych kapilar w warstwie porowatej umożliwił również uzyskanie jednoznacznego opisu krzywej wciskania rtęci w porowatą kulkę o łańcuchowej architekturze przestrzeni. Wykorzystując wyrażenie (2.15), opisujące nasycenie warstwy o periodycznej architekturze przestrzeni porów, potencjał kapilarny (2.16) kuli przyjmuje postać

$$\bar{s}_B(p, L) = \frac{3}{M}\left\{\frac{1}{1-f_{\text{o}}}\left[1 - \frac{2}{\ln(f_{\text{o}}^M)}\left(f_{\text{o}}^M + \frac{1-\ln(f_{\text{o}}^M)}{\ln(f_{\text{o}}^M)}\right)\right] - \right.$$
$$\left. - \frac{1}{f_{\text{o}}\, ln(f_{\text{o}})}\left[f_{\text{o}}^M - \frac{2}{\ln(f_{\text{o}}^M)}\left(f_{\text{o}}^M + \frac{1-\ln(f_{\text{o}}^M)}{\ln(f_{\text{o}}^M)}\right)\right]\right\} \tag{2.19}$$

gdzie $M = D_{\text{o}}/a$.

W pracy [1] wykazano, że krzywa wciskania rtęci w porowatą kulę, opisana wyrażeniem (2.19), jest bardzo zbliżona do krzywej wciskania w porowatą warstwę, danym wyrażeniem (2.15), gdy parametry charakteryzujące rozkłady średnic ogniw w obu strukturach są takie

same, a grubość L porowatej warstwy jest równa średniej długości $\bar{L}$ kapilar (cięciw) w kuli ($L = \bar{L}$). Ze względu na zależność (2.18), parametr N w (2.15) przyjmuje wartość $N = \bar{L}/a = 2/3\ M$, wówczas, równanie (2.19) może być zastąpione prostym modelem (2.15).

2.5. Modele graniczne dla dowolnych próbek

Uzyskane wyniki pokazują, że wyrażenie (2.15) opisujące krzywe wciskania rtęci w warstwę oraz w kulkę materiału porowatego, można uznać także za efektywny model krzywej wciskania rtęci w próbkę o dowolnym kształcie i rozmiarze, gdy struktura porów w próbce jest łańcuchowa, izotropowa i jednorodna, a parametr L w tym modelu jest interpretowany jako średnia długość łańcuchowych kapilar (cięciw) w próbce. Możemy zatem napisać

$$\bar{s}_{ch}(p, L) = \left(\frac{2}{N}\,\frac{1-f_o^N}{1-f_o} - f_o^{N-1}\right) f_2\ . \tag{2.20}$$

W tym przypadku, wielkość L w parametrze

$$N = L/a \tag{2.21}$$

reprezentuje średnią charakterystykę kształtu i wielkości próbki, podczas gdy parametr a jest średnią długością ogniw łańcuchowej kapilary.

Wyrażenie (2.20) opisuje również krzywe $\bar{s}_c(p)$ wciskania rtęci w porowatą próbkę o kapilarnej architekturze przestrzeni porów, w której kapilary o losowym rozkładzie średnic przecinają na wskroś cały materiał. W takim przypadku, kapilary w próbce mogą być interpretowane jako ogniw o losowym rozkładzie długości. Dlatego, ich średnia długość $\bar{u}$ jest równa średniej długości $\bar{L}$ kapilar w próbce ($\bar{u} = \bar{L}$). Wówczas, $N = 1$, a wyrażenie (2.20) redukuje się do postaci

$$\bar{s}_c(p) = f_2\big(D^*(p)\big)\ . \tag{2.22}$$

Krzywe potencjału kapilarnego (2.20) i (2.22) porowatych próbek o łańcuchowej i kapilarnej architekturą przestrzeni porów są krzywymi granicznymi dla próbek o dowolnej, sieciowej architekturze przestrzeni porów, o ile próbki te mają taką samą porowatość i rozkład wielkości porów. Jest to spowodowane faktem, że podczas procesu wciskania rtęci w porowatą próbkę o kapilarnej architekturze przestrzeni porów, wszystkie ogniwa nadkrytyczne w próbce są wypełnione rtęcią przy danym ciśnieniu, podczas gdy w próbce o łańcuchowej architekturze przestrzeni porów liczba ogniw nadkrytycznych wypełnionych rtęcią jest minimalna ze względu na brak połączeń między łańcuchami ogniw. Występowanie takich połączeń w porowatej próbce zmienia architekturę porów z łańcuchowej na sieciową i powoduje wzrost liczby ogniw nadkrytycznych wypełnionych rtęcią przy danym ciśnieniu. W konsekwencji, wszystkie krzywe $\bar{s}(p, L)$ wciskania rtęci w materiał porowaty o sieciowej, dowolnej architekturze przestrzeni porów muszą leżeć pomiędzy krzywymi wciskania dla próbek o kapilarnej i łańcuchowej architekturze przestrzeni porów. Otrzymujemy nierówności

$$\bar{s}_c(p) \geq \bar{s}(p, L) \geq \bar{s}_{ch}(p, L)\ , \tag{2.23}$$

które muszą być spełnione dla dowolnych wartości ciśnienia p .

Oznacza to, że modele kapilarny i łańcuchowy przestrzeni porów są modelami granicznymi dla modelu łańcuchowego ze względu na krzywą potencjału kapilarnego.

3. Podstawy wyznaczania rozkładów granicznych średnic porów

W tym rozdziale pracy wykorzystano proste modele graniczne (2.22) i (2.20) opisujące krzywe wciskania rtęci w próbki o kapilarnej i łańcuchowej (okresowej) strukturze przestrzeni porów aby zaproponować numeryczną procedurę bezpośredniego wyznaczania tych rozkładów z

danych porozymetrii rtęciowej. Przy założeniu, że model sieciowy jest odpowiednim modelem architektury przestrzeni porów rzeczywistych materiałów porowatych, rozkłady te określają zakres występowania rozkładu średnic porów w badanym materiale.

3.1. Graniczne rozkłady średnic porów

Interpretacja krzywej eksperymentalnej $\bar{s}_e(p)$ wciskania rtęci w oparciu o model kapilarny, łańcuchowy i sieciowy wymaga aby funkcje $\bar{s}_c(p)$, $\bar{s}_{ch}(p,L)$ i $\bar{s}(p,L)$ reprezentujące te modele były dobrze dopasowane do danych eksperymentalnych. Powinny być spełnione następujące równości

$$\bar{s}_e(p) \equiv \bar{s}_c(p) \equiv \bar{s}_{ch}(p,L) \equiv \bar{s}(p,L)\ . \tag{3.1}$$

Założenie o sieciowej reprezentacji przestrzeni porów w rzeczywistych materiałach porowatych oznacza, że wygenerowany przez ten model rozkład średnic porów reprezentuje poszukiwany rozkład w badanym materiale, a krzywe wciskania $\bar{s}_c(p)$ i $\bar{s}_{ch}(p,L)$ wyznaczone dla tego rozkładu muszą spełniać nierówności (2.23). Dlatego, spełnienie równości (3.1) wymaga zmiany rozkładów średnicy porów występujących w modelach kapilarnym i łańcuchowym. Oznacza to, że rozkłady generowane przez te trzy modele będą miały różną postać.

Ponieważ, przesunięcie krzywej rozkładu średnic porów w kierunku większych średnic, (ze względu na odwrotną zależność między ciśnieniem p a średnicą porów D, daną przez zależność Washburna (2.1)), zawsze powoduje przesunięcie krzywej wciskania w kierunku malejących ciśnień (i odwrotnie), równość

$$\bar{s}_c(p) \cong \bar{s}_e(p)$$

będzie spełniona przez rozkład przesunięty w kierunku mniejszych średnic, a równość

$$\bar{s}_{ch}(p) \cong \bar{s}_e(p)$$

będzie spełniona przez rozkład przesunięty w kierunku większych średnic. Ze względu na rosnący charakter skumulowanych rozkładów prawdopodobieństwa, rozkłady średnic porów wyznaczone przez te trzy modele będą w takiej samej relacji jak krzywe wciskania w (2.23).

Oznaczając objętościowe skumulowane rozkłady średnic wyznaczone przez modele kapilarne, łańcuchowe i sieciowe jako (odpowiednio): $\mathcal{T}_c(D)$, $\mathcal{T}_{ch}(D)$ i $\mathcal{T}(D)$, muszą one spełniać nierówności,

$$\mathcal{T}_c(D) \le \mathcal{T}(D) \le \mathcal{T}_{ch}(D)\ , \tag{3.2}$$

dla dowolnych wartości średnicy D .

Oznacza to, że rozkłady średnic $\mathcal{T}_c(D)$ i $\mathcal{T}_{ch}(D)$ ograniczają zakres występowania rozkładu $\mathcal{T}(D)$ w badanej próbce materiału.

3.2. Podstawy teoretyczne

Model kapilarny krzywej wciskania rtęci, dany przez wyrażenie (2.22), ze względu na prostotę struktury przestrzeni porów, umożliwia wyznaczenie rozkładu średnic $\mathcal{T}_c(D)$ bezpośrednio z danych eksperymentalnych za pomocą prostych obliczeń numerycznych. Uwzględniając zależności

$$\mathcal{T}_c(D) = 1 - f_2(D)\ , \qquad \bar{s}_e(p) \equiv \bar{s}_c(p)\ , \tag{3.3}$$

na podstawie modelu kapilarnego krzywej wciskania rtęci (2.22) otrzymujemy

$$\mathcal{T}_c(D) = 1 - \mathcal{S}_e(D) \tag{3.4}$$

gdzie

$$\mathcal{S}_e(D) \equiv \bar{s}_e\big(p^*(D)\big)\ , \tag{3.5}$$

natomiast $p^*(D) = -4\sigma\, cos(\theta)/D$ jest funkcją odwrotną zależności (2.1).

Jednocześnie model kapilarny jest szczególnym przypadkiem łańcuchowego (periodycznego) modelu (dla $N = 1$ lub $N = 2$). W związku z tym objętościowy skumulowany rozkład średnic ogniw $\mathcal{T}_c(D)$ określony przez model kapilarny, dany przez wyrażenie (3.4), może być wykorzystany w modelu łańcuchowym krzywej wciskania (2.20), jako dane eksperymentalne. Wykorzystując tożsamość $\bar{s}_e(p) \equiv \bar{s}_{ch}(p, L)$, równanie (2.20) można przedstawić w postaci

$$1 - \mathcal{T}_c(D) = h(\Psi_{ch}(D), N)\big(1 - \mathcal{T}_{ch}(D)\big) \tag{3.6}$$

gdzie

$$h(\Psi_{ch}(D), N) = \frac{2}{N}\,\frac{1-\big(1-\Psi_{ch}(D)\big)^N}{\Psi_{ch}(D)} - \big(1 - \Psi_{ch}(D)\big)^{N-1} \tag{3.7}$$

a $\Psi_{ch}(D) = 1 - f_o(D)$ jest częstościowym, skumulowanym rozkładem średnic ogniw. Rozkład ten jest związany z funkcją rozkładu objętościowego $\mathcal{T}_{ch}(D)$ zależnością (2.8) między ich gęstościami prawdopodobieństwa. Dlatego można zapisać

$$\frac{d\mathcal{T}_{ch}}{dD} = \frac{D^2}{\overline{D^2}^{\psi_{ch}}}\,\frac{d\Psi_{ch}}{dD}\,. \tag{3.8}$$

Równania (3.6) i (3.8) tworzą układ równań dla rozkładów $\Psi_{ch}(D)$ i $\mathcal{T}_{ch}(D)$ i umożliwiają wyprowadzenie równania tylko dla rozkładu $\Psi_{ch}(D)$. Przyjmuje ono postać

$$\frac{d\Psi_{ch}}{dD} = g(\Psi_{ch}, \mathcal{T}_c, \overline{D^2}^{\psi_{ch}}, N)\,\frac{d\mathcal{T}_c}{dD} \tag{3.9}$$

gdzie

$$g(\Psi_{ch}, \mathcal{T}_c, \overline{D^2}^{\psi_{ch}}, N) = \frac{h(\Psi_{ch}(D),N)}{\frac{D^2}{\overline{D^2}^{\psi_{ch}}}h^2(\Psi_{ch}(D),N) - (1-\mathcal{T}_c)\frac{dh}{d\Psi_{ch}}}\,. \tag{3.10}$$

Wówczas, rozkład $\mathcal{T}_{ch}(D)$ może być wyznaczony na podstawie równania (3.8).

Ze względu na obecność parametru $\overline{D^2}^{\psi_{ch}}$ w wyrażeniu (3.10) określonego przez poszukiwany rozkład $\psi_{ch}(D)$ (patrz (2.9)), równanie (3.9) jest równaniem całkowo-różniczkowym pierwszego rzędu dla funkcji rozkładu $\Psi_{ch}(D)$. Musi ono spełniać warunek brzegowy postaci

$$\Psi_{ch}(D)|_{D=0} = 0\,, \tag{3.11}$$

a parametr $\overline{D^2}^{\psi_{ch}}$ zapewnia spełnienie przez ten rozkład warunku unormowania,

$$\lim_{D\to\infty} \Psi_{ch}(D) = 1\,. \tag{3.12}$$

Z równań (3.9) i (3.8) wynika, że graniczny rozkład objętościowy $\mathcal{T}_{ch}(D)$ wyznaczany przez model łańcuchowy powstaje w wyniku transformacji granicznego rozkładu objętościowego $\mathcal{T}_c(D)$ generowanego przez model kapilarny. Oznacza to, że rozkład $\mathcal{T}_{ch}(D)$, podobnie jak rozkład $\mathcal{T}_c(D)$, może być wyznaczony bezpośrednio z danych eksperymentalnych za pomocą procedury obliczeniowej.

Ponieważ funkcja $g(\Psi_{ch}, \mathcal{T}_c, \overline{D^2}^{\psi_{ch}}, N)$ w równaniu (3.9) zależy od parametru N, definiowanego przez wyrażenie (2.21), reprezentującego średnią charakterystykę kształtu i wielkości próbki w stosunku do średniej długości ogniw, rozkłady $\Psi_{ch}(D)$ i $\mathcal{T}_{ch}(D)$ wyznaczone z równań (3.9) i (3.8) oraz ich średnie charakterystyki również będą zależeć od tego parametru. Możemy zatem napisać:

$$\Psi_{ch}(D, N), \qquad \mathcal{T}_{ch}(D, N)$$

oraz

$$\overline{D}^{\psi_{ch}}(N)\,, \qquad \overline{D^2}^{\psi_{ch}}(N)\,, \quad \overline{D}^{\vartheta_{ch}}(N)\,, \quad \overline{D^2}^{\vartheta_{ch}}(N)\,.$$

Z równań (3.6) i (3.8) oraz własności funkcji $h(\Psi_{ch}(D), N)$ w (3.6) wynika, że rozkłady $\Psi_{ch}(D, N)$ i $\mathcal{T}_{ch}(D, N)$ spełniają nierówność

$$\Psi_{ch}(D, N) \geq \mathcal{T}_{ch}(D, N) , \tag{3.13}$$

i nie są rosnącymi funkcjami parametru N. Zatem ich średnie charakterystyki spełniają zależności:

$$\overline{D}^{\psi_{ch}}(N) < \overline{D}^{\vartheta_{ch}}(N) , \qquad \overline{D^2}^{\psi_{ch}}(N) < \overline{D^2}^{\vartheta_{ch}}(N). \tag{3.14}$$

i są rosnącymi funkcjami parametru N.

Jednoznaczne wyznaczenie rozkładów $\Psi_{ch}(D)$, jak i $\mathcal{T}_{ch}(D)$ z równań (3.9) i (3.8) wymaga niezależnego podania wartości parametru N. W artykule przyjęto, że średnia długość L łańcuchowej kapilary w próbce jest liniową funkcją równoważnej średnicy D_{o} próbki,

$$L = \alpha D_{\text{o}} , \tag{3.15}$$

definiowanej jako średnica kuli, której objętość jest równa średniej objętości próbki badanej w porozymetrze rtęciowym. Współczynnik α w wyrażeniu (3.15) przyjmuje wartość $2/3$, gdy łańcuchowe kapilary w kuli tworzą jednorodną i izotropową strukturę przestrzeni porów (patrz (2.18)). Zakładamy również, że średnia długość a ogniw jest proporcjonalna do średniej wartości ich średnic $\overline{D}^{\psi_{ch}}$,

$$a = \beta \overline{D}^{\psi_{ch}} . \tag{3.16}$$

W szczególności, będzie to miało miejsce, gdy parametr β odnosi się do średnicy i długości każdego ogniwa.

Ze względu na reprezentacje (3.15) i (3.16), parametr N definiujący wyrażenie (2.21) przyjmuje postać

$$N = \frac{\alpha}{\beta} \frac{D_o}{\overline{D}^{\psi_{ch}}} . \tag{3.17}$$

Równania (3.9) i (3.17) tworzą układ równań określający rozkład średnic porów $\Psi_{ch}(D, N)$ i parametr N. Oznacza to, że równanie (3.9) zależy zarówno od dwóch charakterystyk średnich poszukiwanego rozkładu $\Psi_{ch}(D, N)$: $\overline{D}^{\psi_{ch}}$ i $\overline{D^2}^{\psi_{ch}}$,. W związku z tym możliwość analitycznego rozwiązania równania (3.9) jest wątpliwa, tym bardziej, że funkcja $g(\Psi_{ch}, \mathcal{T}_c, \overline{D^2}^{\psi_{ch}}, N)$ w tym równaniu jest silnie nieliniowo zależna od parametru N. Numeryczne rozwiązanie układu równań (3.9) i (3.17) oraz analiza parametryczna zależności obu rozkładów granicznych i zakresu ich występowania od postaci danych eksperymentalnych będzie przedmiotem odrębnej pracy.

4. Uwagi końcowe i wnioski

W pracy sformułowano podstawy wyznaczania dwóch granicznych rozkładów średnic porów materiałów porowatych w oparciu o dane porozymetrii rtęciowej oraz proste modele losowe opisujące krzywe wciskania rtęci w próbki o kapilarnej i łańcuchowej strukturze przestrzeni porów. Obie struktury są modelami granicznymi modelu sieciowego, który może być utożsamiany z architekturą porów w rzeczywistych materiałach porowatych. Oznacza to, że rozkłady średnic porów wygenerowane przez te modele wyznaczają zakres występowania rozkładu średnic wbadanym materiale oraz określają stopień niedokładności metody opartej na danych porozymetrii rtęciowej, spowodowanej nieokreślonością kształtu próbki i jej architektury przestrzeni porów. Proponowana procedura stanowi rozwinięcie standardowej metody porozymetrii rtęciowej, w której dane wciskania rtęci interpretuje się wyłącznie przy użyciu modelu kapilarnego, a uzyskany rozkład graniczny średnic porów utożsamia się z rozkładem w badanym materiale porowatym.

W pracy wykazano, że oba graniczne skumulowane rozkłady objętościowe można bezpośrednio wyznaczyć z danych porozymetrii rtęciowej, a rozkład generowany przez model łańcuchowy przestrzeni porów powstaje w wyniku transformacji rozkładu generowanego przez model kapilarny. Ponieważ, model łańcuchowy zależy także od parametru reprezentującego stosunek charakterystyki średniej kształtu i wielkości badanej próbki do średniej długości ogniw w modelu przestrzeni porów, położenie rozkładu wygenerowanego przez model łańcuchowy zależy także geometrii próbki. Pokazano, że wyznaczenie tego rozkładu wymaga rozwiązania całkowo różniczkowego równania pierwszego rzędu.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”

Bibliografia

1. M. Cieszko, M. Kempiński, T. Czerwiński, Limit models of pore space structure of porous materials for determination of limit dore size distributions based on mercury intrusion data, Transport in Porous Media, 127 (2019) 433–458,
2. https://doi.org/10.1007/s11242-018-1200-5.
3. E.W. Washburn, A note on a method of determining the distribution of pore sizes in a porous material, National Academy of Sciences, 7(4) (1921) 115–116.
4. A.M. Kellerer, Chord-length distributions and related quantities for spheroids, Radiat.Res. 98 (1984) 425–437.

PODSTAWY GEOMETRYCZNE PARAMETRU KRĘTOŚCI PORÓW PRZEPUSZCZALNYCH MATERIAŁÓW POROWATYCH

Cieszko M., Szczepański Z.
Wydział Mechatroniki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, Polska

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę wpływu mikroskopowej geometrii porów na parametr krętości przestrzeni porów przepuszczalnych materiałów porowatych o izotropowej strukturze. Podstawę teoretyczną analizy stanowi ogólna makroskopowa definicja tego parametru sformułowana w oparciu o koncepcję metrycznej przestrzeni Minkowskiego, jako modelu przestrzeni porów, a także wyprowadzona zależność tego parametru od mikroskopowej geometrii porów. Analizę przeprowadzono dla kilku typów modeli geometrii porów w warstwie materiału porowatego. Wykazano między innymi, że porowata warstwa o porach złożonych z prostych kapilar prostopadłych do powierzchni warstwy i skokowo zmiennych średnicach ma krętość różną od jeden.
Słowa kluczowe: materiały porowate, krętość przestrzeni porów, przestrzeń metryczna Minkowskiego.

1. Wprowadzenie

Parametr krętości porów wraz z porowatością objętościową i przepuszczalnością stanowią zespół trzech podstawowych parametrów makroskopowych charakteryzujących strukturę porów przepuszczalnych materiałów porowatych. Parametr ten odgrywa ważną rolę we wszystkich procesach zachodzących w materiałach porowatych. Dotyczy to m.in. przepływów: cieczy i gazu, prądu elektrycznego, dyfuzji oraz konwekcji. Mimo podstawowego charakteru parametru krętości porów i dużej liczby prac poświęconych jego definiowaniu, analizie sensu fizycznego i geometrycznego oraz metodom jego wyznaczania, wciąż nie można wskazać powszechnie akceptowanej definicji tego pojęcia, która umożliwiałaby naturalny sposób jego wprowadzenia do makroskopowego opisu przebiegu procesów w materiale porowatym oraz precyzyjnie określała jego znaczenie mikroskopowe ([1]-[3]).

Celem pracy jest analiza wpływu mikroskopowej geometrii porów na parametr krętości przestrzeni porów przepuszczalnych materiałów porowatych o izotropowej strukturze. Podstawę teoretyczną wyznaczania i analizy tego parametru stanowi ogólna makroskopowa definicja tego parametru sformułowana pracach [4] i [5] oraz jej zależności od mikroskopowej geometrii porów, przedstawionej w pracy [6]. W pracach tych założono, że z makroskopowego punktu widzenia, połączone pory w przepuszczalnych materiałach porowatych tworzą anizotropową przestrzeń, której strukturę określa metryka, a przestrzeń ta jest modelowana jako metryczna przestrzeń Minkowskiego. Zaproponowano przy tym nowe podejście do opisu dynamiki lepkiego płynu w nieodkształcalnym porowatym materiale o anizotropowej strukturze przestrzeni porów, w którym ruch płynu w porach szkieletu jest rozważany na poziomie makroskopowym jako ruch ośrodka ciągłego w anizotropowej przestrzeni metrycznej. W takim ujęciu anizotropowa przestrzeń porów tworzy rzeczywistą przestrzeń ruchu płynu, a tensor metryczny tej przestrzeni jest podstawową makroskopową charakterystyką struktury przestrzeni porów. Oznacza to, że opis struktury przestrzeni porów jest niezależny od zachodzących w niej procesów transportu, a jej parametry są takie same dla wszystkich procesów i charakteryzują ich przebieg.

Analizę wpływu mikroskopowej geometrii porów na parametr krętości porów przeprowadzono analitycznie dla kilku typów modeli geometrii porów. Przeanalizowano wpływ rozkładu średnic porów i ich długości na krętość porów. Wykazano między innymi, że porowata warstwa o porach złożonych z prostych kapilar prostopadłych do powierzchni warstwy i skokowo zmiennych średnicach ma krętość różną od jeden.

2. Makroskopowa definicja parametru krętości porów

Podstawę teoretyczną wyznaczania i analizy parametru krętości porów przepuszczalnych materiałów porowatych przedstawionych w pracy stanowi ogólna makroskopowa definicja tego parametru sformułowana pracach [4-6]. W pracach tych zaproponowano nowe podejście do makroskopowego opisu przepływu płynu w nieodkształcalnym porowatym materiale o anizotropowej strukturze przestrzeni porów, jako ruchu ośrodka ciągłego w anizotropowej przestrzeni metrycznej. W takim ujęciu anizotropowa przestrzeń porów tworzy rzeczywistą przestrzeń ruchu płynu i jest modelowana jako metryczna przestrzeń Minkowskiego, a tensor metryczny tej przestrzeni jest podstawową makroskopową charakterystyką struktury przestrzeni porów. Takie podejście oznacza, że opis struktury przestrzeni porów jest niezależny od zachodzących w niej procesów transportu, a jej parametry są takie same dla wszystkich procesów i charakteryzują ich przebieg.

Wykorzystując istnienie dwóch miar odległości w takim ośrodku: w przestrzeni fizycznej (utożsamianej z przestrzenią euklidesową) i przestrzeni porów (przestrzeń Minkowskiego), sformułowano ścisłe definicje makroskopowych parametrów struktury przestrzeni porów: krętości porów oraz porowatości powierzchniowej i objętościowej, w pełni określone przez tensor metryczny anizotropowej przestrzeni porów. Pokazano, że tensor ten może być interpretowany jako tensor krętości porów takiego ośrodka.

Prace [4] i [5] zawierają również opis dynamiki płynu w nieodkształcalnym ośrodku porowatym o anizotropowej strukturze przestrzeni porów uwzględniający nowe podejście do opisu struktury przestrzeni porów. Otrzymano m.in. uogólnione postacie równań opisujących przepływy płynu i propagacji fal w takim ośrodku.

Krętość przestrzeni porów ośrodka porowatego w kierunku określonym przez wektor $\mathbf{u}$ definiowana jest w pracach [4]-[6] jako iloraz długości wektora $\mathbf{u}$ mierzonego względem metryki przestrzeni porów, danego wzorem

$$\mathrm{u}_A^2 = \mathbf{u} \cdot \mathbf{M}_A \cdot \mathbf{u}\,, \tag{2.1}$$

do długości tego wektora,

$$\mathrm{u}^2 = \mathbf{u} \cdot \mathbf{M} \cdot \mathbf{u}, \tag{2.2}$$

mierzonego względem metryki przestrzeni fizycznej. W wyrażeniach (2.1) i (2.2) przez $\mathbf{M}_A$ i $\mathbf{M}$ oznaczono (odpowiednio) tensor metryczny przestrzeni porów i przestrzeni fizycznej, natomiast wyrażenie $(\,)\cdot(\,)$ reprezentuje iloczyn skalarny.

Parametr krętości porów $\delta(\mathbf{n})$ definiowany jest wzorem

$$\delta^2(\mathbf{n}) = \frac{\mathrm{u}_A^2}{\mathrm{u}^2} = \frac{\mathbf{u}\cdot\mathbf{M}_A\cdot\mathbf{u}}{\mathbf{u}\cdot\mathbf{M}\cdot\mathbf{u}} = \mathbf{n}\cdot\mathbf{M}_A\cdot\mathbf{n} \tag{2.3}$$

gdzie $\mathbf{n} = \mathbf{u}/\mathrm{u}$ jest jednostkowym wektorem unormowanym względem metryki euklidesowej.

W podobny sposób definiowane są parametry porowatości powierzchniowej λ oraz objętościowej f_v. Wykorzystuje się w tym celu miary elementów powierzchni i objętości określone w przestrzeni fizycznej i przestrzeni porów.

W przypadku ośrodków porowatych o izotropowej przestrzeni porów, które są głównym przedmiotem rozważań pracy, między tensorami metrycznymi $\mathbf{M}_A$ i $\mathbf{M}$ obu przestrzeni zachodzi zależność

$$\mathbf{M}_A = \delta^2\,\mathbf{M}\,, \tag{2.4}$$

a parametr krętości porów δ, porowatości powierzchniowej λ oraz porowatości objętościowej f_v są związane ze sobą równością

$$f_v = \delta\,\lambda\,. \tag{2.5}$$

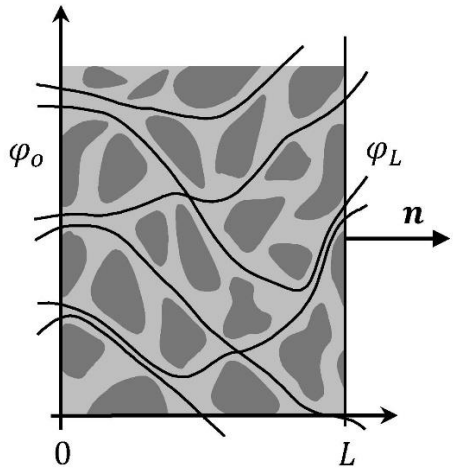
Zależność ta jest także spełniona dla kierunków głównych anizotropowej przestrzeni porów, określonych przez kierunki własne tensora metrycznego $\mathbf{M}_A$ przestrzeni porów.

Możliwości nowego podejścia do opisu struktury przestrzeni porów zademonstrowano w pracy [7], w której wyprowadzono ogólną postać metryki przestrzeni porów o tetragonalnej symetrii jej struktury. Zastosowano w tym celu tensor czwartego rzędu o wewnętrznych symetriach tensora podatności, wykorzystywanego w liniowej teorii sprężystości anizotropowych materiałów. Nałożenie na ten tensor dodatkowych symetrii opisujących symetrię siatki kwadratowej umożliwiło wyprowadzenie ogólnej postaci wyrażenia definiującego krętość przestrzeni porów w takim ośrodku, będącego funkcją jedynie dwóch skalarnych parametrów reprezentujących krętości porów tej przestrzeni w jej kierunku głównym i diagonalnym.

3. Mikroskopowa reprezentacja parametru krętości porów

Wyznaczanie parametru krętości przestrzeni porów ośrodka o znanej mikroskopowej geometrii przestrzeni porów, zdefiniowanego na poziomie makroskopowym wzorem (2.3), wymaga określenia reprezentacji mikroskopowej definicji tego parametru. Reprezentacja taka powinna wyrażać parametr krętość porów przez wielkości charakteryzujące mikroskopową geometrię tej przestrzeni. W pracy wykorzystamy reprezentację tego parametru dla ośrodków o izotropowej strukturze przestrzeni porów, zaproponowaną w pracy [6]. Umożliwia to analityczne wyznaczanie wartości tego parametru dla prostych geometrii przestrzeni porów, a także jego wyznaczanie numeryczne, w przypadku dużej złożoności tej geometrii, z jaką mamy często do czynienia w próbkach rzeczywistych materiałów porowatych.

Biorąc pod uwagę, że makroskopowe parametry struktury przestrzeni porów powinny charakteryzować tę strukturę w różnych procesach transportu zachodzących w przestrzeni porów, np. w przepływach płynu, prądu, ciepła, czy dyfuzji, w pracy [6] założono, że mikroskopowa geometria przestrzeni porów jest reprezentowana przez mikroskopową geometrię procesów transportu w tej przestrzeni i nie powinna zależeć od rodzaju procesu transportu. Ponieważ warunki takie spełniają przepływy potencjalne, reprezentację mikroskopową parametru krętości porów sformułowano porównując ze sobą opisy potencjalnego przepływu płynu w przestrzeni porów rozważane na poziomie makroskopowym i mikroskopowym oraz żądając pełnej reprezentatywności transportowanej energii kinetycznej płynu w obu opisach. Wykorzystano przy tym opis transportu płynu w anizotropowej przestrzeni porów zaproponowany w pracach [4] i [5].



Rys. 1. Warstwa materiału porowatego

Dla warstwy materiału porowatego o izotropowej strukturze przestrzeni porów przedstawionej na Rys. 1, w której przepływ potencjalny płynu jest wywołany różnicą

potencjałów $\Delta\varphi = \varphi_L - \varphi_o$ na jej brzegach, otrzymany w pracy [6], warunek reprezentatywności transportowanej energii kinetycznej płynu ma postać

$$\left(\frac{\Delta\varphi}{L}\right)^2 \frac{1}{\delta^2} = \frac{1}{V_p}\int_{\Omega_p} |\boldsymbol{grad}(\varphi')|^2\, dV\ . \tag{3.1}$$

gdzie przez Ω_p oznaczono obszar przestrzeni porów warstwy materiału porowatego o grubości L i objętości V_p, a $\varphi'(\mathbf{x})$ jest potencjałem mikroskopowego pola prędkości płynu w porach warstwy, wywołanym różnicą potencjałów $\Delta\varphi$ na jej brzegach. Przez $|\ \ |$ znaczono długość wektora mierzoną względem metryki euklidesowej.

W takim przypadku makroskopowy przepływ płynu przez warstwę materiału porowatego, powodowany makroskopowym gradientem potencjału $\Delta\varphi/L$, jest jednorodny, a jej wektor prędkości jest prostopadły do powierzchni warstwy. Natomiast, mikroskopowy przepływ płynu w przestrzeni porów, powodowany różnicą potencjałów $\Delta\varphi$ na brzegach warstwy, jest silnie niejednorodny, a wektor jej prędkość $\mathbf{v}'(\mathbf{x})$ jest określony przez gradient mikroskopowego pola potencjału φ',

$$\mathbf{v}' = -\boldsymbol{grad}(\varphi')\ . \tag{3.2}$$

Wektor ten powinien jednocześnie spełniać lokalne równanie bilansu masy płynu, które dla płynów nieściśliwych ma postać

$$div(\mathbf{v}') = 0\ . \tag{3.3}$$

Oznacza to, że mikroskopowe pole potencjału $\varphi'(\mathbf{x})$ przepływu płynu musi spełniać równanie Laplace'a. Podstawiając (3.2) do (3.3) otrzymujemy

$$div\big(\boldsymbol{grad}(\varphi')\big) = \nabla^2(\varphi') = 0\ . \tag{3.4}$$

Spełnienie równania (3.4) przez pole potencjału $\varphi'(\mathbf{x})$ przepływu płynu jest jednocześnie warunkiem minimalnej wartości całki w wyrażeniu (3.1). Ze względu na reprezentację (3.2), oznacza to, że w przepływie potencjalnym płynu minimalizowana jest niejednorodność jego pola prędkości.

Równanie Laplace'a jest podstawowym równaniem opisującym procesy transportu różnych wielkości: masy, ładunku, cieplnej energii wewnętrznej oraz cząsteczek w procesach dyfuzji. Równanie to nie zawiera żadnych parametrów materiałowych charakteryzujących te procesy. Dlatego, geometria pola potencjału określona przez geometrię linii prądu i powierzchni ekwipotencjalnych jest całkowicie uwarunkowana przez geometrię obszaru, w którym dany proces zachodzi. Dlatego, równość (3.1), interpretowana jako mikroskopowa reprezentacja makroskopowego parametru krętości przestrzeni porów w warstwie, będzie również niezależna od rodzaju procesu opisywanego przez to pole potencjału, a parametr krętości będzie określony przez geometrię jego linii prądu i powierzchni ekwipotencjalnych. Dla zapewnienia makroskopowego charakteru tego parametru , wielkość obszaru Ω_p całkowania w wyrażeniu (3.1) powinien zapewniać statystyczną reprezentację przestrzeni porów tego ośrodka.

Wyrażenie (3.1), wiążące parametr krętości przestrzeni porów z polem potencjału $\varphi'(\mathbf{x})$ przepływu płynu, może być uproszczone, jeśli wprowadzimy nowe pole potencjału $u(\mathbf{x})$ definiowane wzorem

$$u(\mathbf{x}) = \frac{\varphi'(\mathbf{x}) - \varphi_o}{\varphi_L - \varphi_o} L\ . \tag{3.5}$$

Potencjał ten spełnia równanie Laplace'a,

$$\nabla^2(u) = 0\ , \tag{3.6}$$

i przyjmuje wartość zero na lewym brzegu warstwy, oraz wartość L, na prawym jej brzegu, a każdej powierzchni ekwiskalarnej pola potencjału warstwy$(\varphi'(\mathbf{x}) = const)$ przyporządkowuje wartość potencjału $u(\mathbf{x})$ z przedziału $\langle 0, L\rangle$.

Po uwzględnieniu (3.5), wyrażenie (3.1) redukuje się do postaci

$$\frac{1}{\delta^2} = \frac{1}{V_p}\int_{\Omega_p} |\boldsymbol{grad}(u(\mathbf{x}))|^2 \, dV \, . \tag{3.7}$$

Reprezentacja (3.7) może być przedstawiona także w innej postaci, jeśli wykorzystamy tożsamość

$$div\big(f\boldsymbol{grad}(g)\big) = \boldsymbol{grad}(f)\cdot\boldsymbol{grad}(g) + f div\big(\boldsymbol{grad}(g)\big) \, , \tag{3.8}$$

spełnioną dla dowolnych gładkich funkcji $f(\mathbf{x})$ i $g(\mathbf{x})$. Przyjmując $f(\mathbf{x}) = g(\mathbf{x}) = u(\mathbf{x})$ oraz uwzględniając równanie (3.6), wyrażenie (3.7) przyjmie postać

$$\frac{1}{\delta^2} = \frac{1}{V_p}\int_{\Omega_p} div\big(u\,\boldsymbol{grad}(u)\big)\, dV \, . \tag{3.9}$$

Po wykorzystaniu twierdzenia Gaussa-Ostrogradskiego o zamianie całki objętościowej na powierzchniową, otrzymamy

$$\frac{1}{\delta^2} = \frac{1}{V_p}\int_{\partial\Omega_p} u(\mathbf{x})\,\boldsymbol{grad}(u(\mathbf{x}))\cdot d\boldsymbol{A} \tag{3.10}$$

gdzie $\partial\Omega_p$ jest powierzchnią ograniczającą obszar Ω_p przestrzeni porów warstwy, natomiast

$$d\boldsymbol{A} = dA\,\boldsymbol{n} \, , \tag{3.11}$$

przy czym dA jest polem infinitezymalnego elementu tej powierzchni, a $\boldsymbol{n}$ jest wektorem prostopadłym do tego elementu.

W przypadku, gdy linie prądu tworzą powierzchnie boczne obszaru Ω_p przestrzeni porów w warstwie gradient pola $u(\mathbf{x})$ na tych powierzchniach jest styczny do tych powierzchni. Dlatego

$$\boldsymbol{grad}(u(\mathbf{x}))\cdot d\boldsymbol{A} = 0 \, . \tag{3.12}$$

Wówczas, reprezentacja (3.10) parametru krętości porów redukuje się do postaci

$$\frac{1}{\delta^2} = \frac{L}{V_p}\int_{\partial \mathrm{A}_p} \boldsymbol{grad}(u(\mathbf{x}))\cdot d\boldsymbol{A} \tag{3.13}$$

gdzie uwzględniono fakt, że potencjał $u(\mathbf{x})$ przyjmuje wartość zero na lewym brzegu warstwy, oraz wartość L, na jej prawym brzegu. Natomiast, przez $\partial \mathrm{A}_p$ oznaczono powierzchnię obszaru Ω_p przestrzeni porów warstwy występującą na prawym brzegu warstwy.

Z wyrażenia (3.13) wynika, że parametr krętości przestrzeni porów δ jest w pełni określony przez strumień wielkości transportowanej przez warstwę w przepływie potencjalnym. Biorąc pod uwagę, że strumień ten jest wielkością stałą w dowolnym przekroju obszaru Ω_p równoległym do powierzchni warstwy, reprezentacja (3.13) będzie także prawdziwa dla każdej powierzchni takiego przekroju.

Mikroskopowa reprezentacja makroskopowego parametru δ krętości przestrzeni porów, dana wzorem (2.18), będzie wykorzystywana w dalszej części pracy do analitycznego i numerycznego wyznaczania wartości tego parametru dla materiałów o różnej strukturze przestrzeni porów. Reprezentacja ta jest szczególnie dogodna przy wyznaczaniu wartości tego parametru metodą symulacji potencjalnego przepływu.

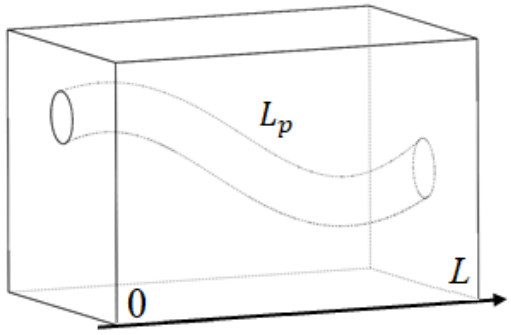
4. Wpływ mikroskopowej geometrii porów na parametr krętości

Podstawę rozważań w tym podrozdziale stanowią obliczenia teoretyczne dla przestrzeni porów o prostej cylindrycznej geometrii, zawartej w warstwie o grubości L. Wykorzystamy przy tym ogólną postać mikroskopowej reprezentacji parametru δ krętości przestrzeni porów, danej wzorem (3.13). Umożliwi to uzyskanie wzorów analitycznych, które będą wielostronnie ilustrowały znaczenie parametru krętości. Rozważymy następujące przypadki:

- układ porów o jednakowej długości,
- układ równoległy porów o dwóch długościach,
- układ szeregowy porów o dwóch długościach.

Układ porów o jednakowej długości

W rozważaniach zakładamy, że przestrzeń porów w warstwie tworzą cylindryczne kapilary o jednakowej długości L_p i stałym przekroju poprzecznym o polu A_p oraz dowolnym kształcie. Rozważany układ schematycznie przedstawiono na Rys. 2.



Rys. 2. Schematyczne przedstawienie układu porów w warstwie o jednakowej długości

Przyjmujemy przy tym, że w części warstwy wyróżnionej przez obszar całkowania $\partial \mathrm{A}_p$ w definicji (3.13) występuje N kapilar. Oznacza to, że objętość V_p porów w tym obszarze określona jest wzorem

$$V_p = N L_p A_p \, . \tag{4.1}$$

Biorąc pod uwagę, że obszar $\partial \mathrm{A}_p$ składa się z N rozłącznych podobszarów ∂A_p^k reprezentujących poszczególne kapilary, krętość porów dana wzorem (3.13) może być przedstawiona w postaci

$$\frac{1}{\delta^2} = \frac{L}{V_p} \sum_{k=1}^{N} \int_{\partial A_p^k} \boldsymbol{grad}(u) \cdot d\boldsymbol{A} \tag{4.2}$$

gdzie całki reprezentują strumienie transportowanej wielkości w poszczególnych kapilarach.

Ponieważ, długości i pola przekroju kapilar oraz występujące w nich warunki przepływu są takie same, strumienie we wszystkich kapilarach mają taką samą wartość i mogą być aproksymowane wzorem

$$\int_{\partial A_p^k} \boldsymbol{grad}(u) \cdot d\boldsymbol{A} = |\boldsymbol{grad}(u)|^k A_p \tag{4.3}$$

gdzie $|\boldsymbol{grad}(u)|^k$ jest wartością średnią gradientu potencjału w k-tej kapilarze. Wielkość ta może być wyznaczona, jako iloraz różnicy potencjałów L na obu brzegach warstwy i długości kapilary L_p. Stąd

$$|\boldsymbol{grad}(u)|^k = L/L_p \ . \tag{4.4}$$

Uwzględniając (4.1), (4.3) i 4.4) w (4.2), po uproszczeniu, otrzymujemy wyrażenie

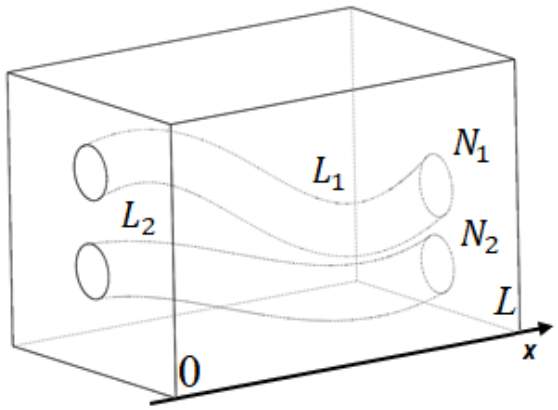
$$\delta = L_p/L \ . \tag{4.5}$$

Wyrażenie to definiuje krętość przestrzeni porów w warstwie utworzonej z kapilar o stałej długości i stałym przekroju poprzecznym. Wyrażenie to jest zgodne z klasyczną definicją krętości porów zaproponowaną przez Carmana, [1]. Ze wzoru tego wynika, że parametr ten w takim przypadku nie zależy od kształtu cylindrycznych porów, wielkości ich przekroju oraz częstości ich występowania w warstwie.

Układ równoległy porów o dwóch długościach

Rozważamy równoległy układ porów w warstwie złożony z cylindrycznych kapilar o dwóch różnych długościach oraz jednakowym polu poprzecznego przekroju A_p i dowolnym kształcie (Rys. 3). Przyjmujemy przy tym, że w części warstwy wyróżnionej przez obszar całkowania $\partial \mathrm{A}_p$ w definicji (3.13) występuje N_1 kapilar o długości L_1 i N_2 kapilar o długości L_2. W takim przypadku, objętość V_p porów w tym obszarze określona jest wzorem

$$V_p = (N_1 L_1 + N_2 L_2) A_p \ . \tag{4.6}$$



Rys. 3. Schematyczne przedstawienie układu równoległego porów w warstwie o dwóch długościach

Uwzględniając rozłączność obszaru $\partial \mathrm{A}_p$, całkę w wyrażeniu (3.13), definiującym krętość porów, może być przedstawiona w postaci

$$\int_{\partial \mathrm{A}_p} \boldsymbol{grad}(u) \cdot d\boldsymbol{A} = \sum_{k=1}^{N_1} \int_{\partial A_p^{1k}} \boldsymbol{grad}(u) \cdot d\boldsymbol{A} + \sum_{k=1}^{N_2} \int_{\partial A_p^{2k}} \boldsymbol{grad}(u) \cdot d\boldsymbol{A} \tag{4.7}$$

gdzie przez ∂A_p^{1k} i ∂A_p^{2k} oznaczono obszary poszczególnych kapilar obu typów.

Wyrażenie (4.7) reprezentuje całkowity strumień transportowanej wielkości w obszarze $\partial \mathrm{A}_p$, który jest sumą strumieni w poszczególnych kapilarach. Strumienie te mogą być aproksymowane wzorami:

$$\int_{\partial A_p^{1k}} \boldsymbol{grad}(u) \cdot d\boldsymbol{A} = |\boldsymbol{grad}(u)|_1^k A_p \ , \int_{\partial A_p^{2k}} \boldsymbol{grad}(u) \cdot d\boldsymbol{A} = |\boldsymbol{grad}(u)|_2^k A_p \tag{4.8}$$

gdzie $|\boldsymbol{grad}(u)|_1^k$ i $|\boldsymbol{grad}(u)|_2^k$ są wartościami średnimi gradientów w poszczególnych kapilarach obu typów. Przyjmują one wartości

$$|\boldsymbol{grad}(u)|_1^k = L/L_1 \ , \qquad |\boldsymbol{grad}(u)|_1^k = L/L_2 \ . \tag{4.9}$$

Uwzględniając wyrażenia (4.6) - (4.9) w definicji krętości porów (5.16) otrzymamy

$$\delta^2 = \frac{N_1\delta_1 + N_2\delta_2}{N_1/\delta_1 + N_2/\delta_2} \tag{4.10}$$

gdzie wielkości

$$\delta_1 = L_1/L\ , \qquad \delta_2 = L_2/L\ . \tag{4.11}$$

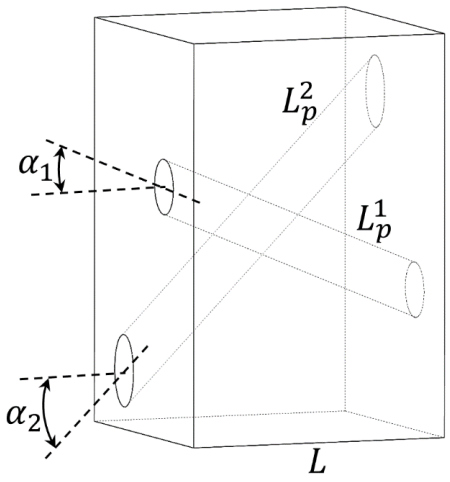
reprezentują parametry krętości obu typów kapilar.

Z wyrażenia (4.10) wynika, że krętość równoległego układu cylindrycznych kapilar w warstwie jest złożoną funkcją krętości obu typów kapilar i ich udziału w warstwie. W szczególnym przypadku, gdy udziały obu typów kapilar w warstwie są jednakowe $(N_1 = N_2)$, wyrażenie (4.10) redukuje się do postaci

$$\delta^2 = \delta_1\delta_2\ . \tag{4.12}$$

W takim przypadku, krętość równoległego układu cylindrycznych kapilar w warstwie jest średnią geometryczną krętości kapilar obu typów.

Innym przypadkiem szczególnym układu równoległego porów o dwóch długościach (Rys.3) jest układ, w którym warstwa zawiera dla zbiory prostoliniowych kapilar o osiach tworzących z normalną do powierzchni warstwy kąty α_1 i α_2. Układ taki przedstawiono na Rys.4.



Rys.4. Schematyczne przedstawienie szczególnego układu równoległego porów o dwóch długościach

Zakładamy przy tym, że objętość kapilar obu grup w jednostce objętości warstwy jest taka sama. Wówczas, parametry krętości δ_1 i δ_2 mogą być przedstawione w postaci

$$\delta_1 = L_p^1/L = 1/\cos(\alpha_1), \qquad \delta_2 = L_p^2/L = 1/\cos(\alpha_2)\ . \tag{4.13}$$

Natomiast, liczby kapilar N_1i N_2 obu grup w obszarze $\partial \mathrm{A}_p$ dane są wzorami

$$N_1 = N_0\cos(\alpha_1), \qquad N_2 = N_0\cos(\alpha_2)\ . \tag{4.14}$$

gdzie N_0 jest liczbą kapilar każdej z grup w obszarze $\partial \mathrm{A}_p$, gdy ich osie są prostopadłe do powierzchni warstwy.

Uwzględniając (4.13) i (4.14) we wzorze (4.10) otrzymujemy

$$\delta^2 = \frac{2}{cos^2(\alpha_1) + cos^2(\alpha_2)}\ . \tag{4.15}$$

W przypadku, gdy suma kątów kapilar obu grup tworzy kąt prosty,

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \pi/2\ , \tag{4.16}$$

wyrażenie (4.15) redukuje się do postaci

$$\delta = \sqrt{2}\,. \tag{4.17}$$

W szczególnym przypadku, z zależnością (4.17) mamy do czynienia, gdy osie kapilar obu grup są równoległe i tworzą kąt prosty.

Z wyrażenia (4.17) wynika, że w takim przypadku krętość porów warstwy nie zależy od kierunku osi kapilar, o ile spełniony jest warunek (4.16).

Układ szeregowy porów o dwóch długościach

Rozważamy układ złożony z dwóch stykających się warstw o grubościach L_1 i L_2,

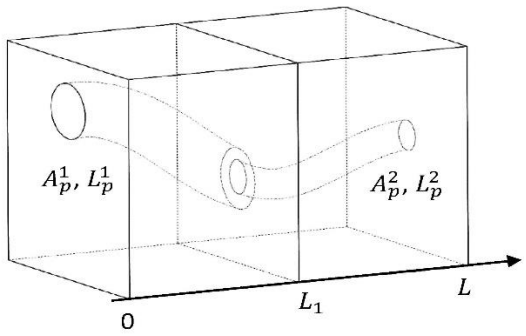
$$L_1 + L_2 = L\,, \tag{4.18}$$

analizowanych w pierwszym punkcie tego podrozdziału. Przyjmujemy, że przestrzeń porów warstw tworzą połączone ze sobą cylindryczne kapilary o długościach (odpowiednio) L_p^1 i L_p^2 oraz polach poprzecznego przekroju A_p^1 i A_p^2. Układ taki schematycznie przedstawiono na Rys.5.

Wprowadzając parametry krętości porów obu warstw,

$$\delta_1 = L_p^1/L_1\,, \qquad \delta_2 = L_p^2/L_2\,, \tag{4.19}$$

wyznaczymy zależność krętości porów δ układu połączonych warstw od krętości porów δ_1 i δ_2 każdej z tych warstw.



Rys.5. Schematyczne przedstawienie układu szeregowego cylindrycznych porów w dwóch stykających się warstwach

Zakładając, że w części warstwy wyróżnionej przez obszar całkowania $\partial \mathrm{A}_p$ w definicji (3.13) występuje N kapilar, objętość V_p porów w tym obszarze określona będzie wzorem

$$V_p = N\left(V_p^1 + V_p^2\right) \tag{4.20}$$

gdzie

$$V_p^1 = L_p^1\, A_p^1\,, \qquad V_p^2 = L_p^2\, A_p^2 \tag{4.21}$$

są objętościami kapilar w obu warstwach.

Ze względu na rozłączność obszarów porów w obszarze całkowania $\partial \mathrm{A}_p$, wyrażenie (3.13) może być zapisane w postaci

$$\frac{1}{\delta^2} = \frac{L}{V_p}\sum_{k=1}^{N}\int_{\partial A_p^k} \boldsymbol{grad}(u)\cdot dA \tag{4.22}$$

gdzie całki reprezentują strumienie transportowanej wielkości w poszczególnych kapilarach.

Ponieważ, strumienie te w połączonych kapilarach obu warstw są takie same, otrzymujemy

$$\int_{\partial A_p^k} \boldsymbol{grad}(u) \cdot d\boldsymbol{A} = |\boldsymbol{grad}(u)|_1^k A_p^1 = |\boldsymbol{grad}(u)|_2^k A_p^2 \,, \tag{4.23}$$

przy czym wielkości $|\boldsymbol{grad}(u)|_1^k$ i $|\boldsymbol{grad}(u)|_2^k$ reprezentują średnie wartości gradientu potencjału w tych kapilarach. Dane są one wzorami

$$|\boldsymbol{grad}(u)|_1^k = \frac{\Delta u_1}{L_p^1}, \qquad |\boldsymbol{grad}(u)|_2^k = \frac{\Delta u_2}{L_p^2} \tag{4.24}$$

gdzie Δu_1 i Δu_2 są różnicami potencjałów na powierzchniach obu warstw.

Ponieważ

$$\Delta u_1 + \Delta u_2 = L \,, \tag{4.25}$$

z zależności (4.24) otrzymujemy

$$L = L_p^1 |\boldsymbol{grad}(u)|_1^k + L_p^2 |\boldsymbol{grad}(u)|_2^k \,. \tag{4.26}$$

Równania (4.23) i (4.26) tworzą układ równań umożliwiający wyznaczenie wartości średnich gradientów w warstwach. Rozwiązując ten układ mamy

$$|\boldsymbol{grad}(u)|_1^k A_p^1 = |\boldsymbol{grad}(u)|_2^k A_p^2 = \frac{L V_p^1 V_p^2}{(L_p^1)^2 V_p^2 + (L_p^2)^2 V_p^1} \,. \tag{4.27}$$

Uwzględniając zależności (4.18) i (4.20), wyrażenie (4.22) definiujące krętość porów zredukuje się do postaci

$$\delta^2 = \frac{V_p^1 + V_p^2}{V_p^1} \left(\frac{L_p^1}{L}\right)^2 + \frac{V_p^1 + V_p^2}{V_p^2} \left(\frac{L_p^2}{L}\right)^2 \,. \tag{4.28}$$

Wyrażenie to umożliwia przedstawienie krętości układu warstw, jako funkcji grubości obu warstw oraz ich parametrów struktury porów: krętości i porowatości.

Oznaczając przez A pole powierzchni warstw zawierających analizowane pory, objętości tych części warstw V_1 i V_2 mogą być wyrażone wzorami

$$V_1 = L_1 A \,, \qquad V_2 = L_2 A \,. \tag{4.29}$$

Wówczas, ich suma,

$$V = V_1 + V_2 = LA \,, \tag{4.30}$$

reprezentuje objętość obu części warstw.

Wyrażenia (4.29) i (4.30) umożliwiają zdefiniowanie porowatości obu warstw i ich układu. Otrzymujemy

$$f_v^1 = N\, V_p^1 / V_1 \,, \quad f_v^2 = N\, V_p^2 / V_2 \,, \qquad f_v = V_p / V \,. \tag{4.31}$$

Przy czym, ze względu na (4.20), porowatości te są związane zależnością postaci

$$f_v L = f_v^1 L_1 + f_v^2 L_2 \,. \tag{4.32}$$

Uwzględniając definicje krętości (4.19) i porowatości (4.31) oraz zależności (4.29) i (4.30), wyrażenie (4.28) definiujące krętość układu warstw przyjmie postać

$$\frac{\delta^2}{f_v} L = \frac{\delta_1^2}{f_v^1} L_1 + \frac{\delta_2^2}{f_v^2} L_2 \,. \tag{4.33}$$

Przypadki szczególne

A. Równe grubości warstw

Dla $L_1 = L_2 = L/2$, z wyrażeń (4.32) i (4.33) otrzymujemy

$$f_v = (f_v^1 + f_v^2)/2 \,, \tag{4.34}$$

$$\delta^2 = \frac{f_v^1 + f_v^2}{4} \left(\frac{\delta_1^2}{f_v^1} + \frac{\delta_2^2}{f_v^2}\right) . \tag{4.35}$$

Oznacza to, że w takim przypadku, krętość układu warstw jest określona zarówno przez krętość jak i porowatość obu warstw. Jeśli dodatkowo założymy, że porowatości obu warstw są równe $(f_v^1 = f_v^2)$, wówczas z (4.34) mamy

$$f_v = f_v^1 = f_v^2 \,, \tag{4.36}$$

natomiast zależność (4.35) przyjmie postać

$$\delta^2 = (\delta_1^2 + \delta_2^2)/2 \,. \tag{4.37}$$

W tym przypadku, kwadrat krętości układu warstw jest średnią arytmetyczną kwadratów krętości obu warstw.

B. Równe porowatości warstw

Dla $f_v^1 = f_v^2$ spełniona jest równość (4.36), natomiast wyrażenie (4.33) przyjmuje postać

$$\delta^2 = \frac{L_1}{L}\delta_1^2 + \frac{L_2}{L}\delta_2^2 \,. \tag{4.38}$$

Oznacza to, że kwadrat krętości układu warstw jest średnią ważoną kwadratów krętości obu warstw. Jeśli dodatkowo założymy, że krętości obu warstw są równe $(\delta_1 = \delta_2)$, wówczas, również krętość układu będzie taka sama, bez względu na grubości warstw.

C. Równe krętości warstw

Dla $\delta_1 = \delta_2 \equiv \delta_o$, z wyrażenia (4.33) otrzymamy

$$\left(\frac{\delta}{\delta_o}\right)^2 = \frac{L_1}{L}\frac{f_v}{f_v^1} + \frac{L_2}{L}\frac{f_v}{f_v^2} \tag{4.39}$$

gdzie f_v jest dane wzorem (4.32).

W przypadku, gdy krętości obu warstw są równe jeden $(\delta_o = 1)$, z (4.39) mamy

$$\delta^2 = \frac{L_1}{L}\frac{f_v}{f_v^1} + \frac{L_2}{L}\frac{f_v}{f_v^2} \,. \tag{4.40}$$

Oznacza to, że krętość układu warstw jest różna od jeden, mimo, że pory w obu warstwach są prostymi kapilarami prostopadłymi do powierzchni warstw.

Jeśli dodatkowo założymy, że grubości obu warstw są równe $(L_1 = L_2 = L/2)$, wówczas, spełniona jest równość (4.34), a wyrażenie (4.40) redukuje się do postaci

$$\delta = \frac{1}{2}\sqrt{f_v^1 f_v^2}\left(\frac{1}{f_v^1} + \frac{1}{f_v^2}\right) \,. \tag{4.41}$$

W tym przypadku, krętość układu warstw jest określona przez porowatości obu warstw i jest równa połowie ilorazu średniej geometrycznej i harmonicznej obu porowatości.

5. Uwagi końcowe i wnioski

W pracy przeprowadzono analizę wpływu mikroskopowej geometrii porów warstwy materiału porowatego na parametr krętości przestrzeni porów. W rozważaniach wykorzystano ogólną makroskopową definicję tego parametru sformułowaną w oparciu o koncepcję metrycznej przestrzeni Minkowskiego, jako modelu przestrzeni porów. Umożliwiło to wyprowadzenie ogólnego wyrażenia wiążącego makroskopowy parametr krętości porów w warstwie materiału porowatego z mikroskopową geometrią przestrzeni porów. Analizę przeprowadzono dla kilku typów modeli geometrii porów w warstwie: układu porów o jednakowej długości, układu równoległego porów o dwóch długościach oraz układu szeregowego porów o dwóch długościach, który może być traktowany jako układ dwóch warstw o różnych parametrach struktury porów. Wyprowadzono szereg wyrażeń analitycznych wiążących parametr krętości porów w warstwie z parametrami geometrycznymi analizowanych modeli. W przypadku układu złożonego z dwóch stykających się warstw, otrzymano wyrażenia

wiążące parametr krętości układu warstw z parametrami krętości warstw składowych. Umożliwiło to szczegółową analizę ewolucji krętości w strukturach warstwowych.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”

Literatura

1. Carman P.C., Fluid Flow through a Granular Bed, Transactions of the Institute of Chemical Engineers, 15, 150 – 156, 1937.
2. Clennel M., Tortuosity: A Guide through the Maze, in Developments in Petrophysics, eds Lovell M.A. & Harvey P.K., Geological Society London No 122: 299-344, 1997.
3. Lorentz P. B., Tortuosity in Porous Media, Nature, 189, 386-387, 1961.
4. Cieszko M., Mechanika płynu w anizotropowej przestrzeni porów. Zastosowanie metrycznej przestrzeni Minkowskiego, Wyd. Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz 2001.
5. Cieszko M., Description of Anisotropic Pore Space Structure of Permeable Materials Based on Minkowski Metric Space, Archives of Mechanics, 61, 6 (425-444), 2009.
6. Cieszko M., Minkowski Metric, Dirichlet Energy and Pore Tortuosity, Int. J. Eng Sci. (in preparation for publication).
7. Cieszko M., Kriese W., Description of tetragonal pore space structure of porous materials. Arch. Mech., 58, 4–5, pp. 477–488, 2006.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТРАНСКОРДОННОГО ТУРИЗМУ УКРАЇНА - ПОЛЬЩА В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Цвігун Ю., Журба І. Павлюк Є., Скиба К.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. У статті зазначено, що транскордонний туризм має значний вплив на реформування та розвиток територіальних громад у прикордонні. Зауважимо, транскордонне співробітництво у сфері туризму є особливою сферою зовнішньоекономічної, політичної, економічної, культурно – освітньої та інших видів міжнародної співпраці, що реалізується на регіональному рівні по обидва боки кордону. Автори статті доводять, що вагоме значення впливу на розвиток системи транскордонного співробітництва Україна – Польща мають ряд міжнародних програм, зокрема Iterreg NEXT Польща – Україна 2021-2027 рр. Варто зазначити, що у даній Програмі пріоритет надається транскордонному туризму, як модератора розвитку міжнаціональних відносин на засадах соціальної інклюзії та соціальних інновацій. У статті логічно обґрунтовується, що транскордонний туризм каталізуєпо обидва боки кордону розвиток автентичного, сільського зеленого туризму на засадах сталого «зеленого» прикордонного регіону. Важливе значення в розвитку транскордонного туризму має взаємодіючий прикордонний регіон, який сприяє підвищенню ефективності державного та регіонального управління щодо співпраці між громадянами та інституціями громадянського суспільства.
Ключові слова: транскордонне співробітництво, транскордонний туризм, сталий туризм, Interreg NEXT Польща-Україна 2021-2027, стійкий «зелений» прикордонний регіон, соціальна інклюзія, соціальні інновації.

Вступ

Зазначимо, що транскордонний туризм в умовах реформування територіальних громад є одним із інструментів їх розвитку. Важливим є, що під час війни громадам необхідно знаходити партнерів, з якими можна подавати спільні заявки для участі в транскордонних програмах, розширювати міжнародну співпрацю та залучати додаткові ресурси для реалізації масштабних проектів.

Російська агресія в Україні наклала відбиток на транскордонне співробітництво у східних регіонах Європейського Союзу. Проте війна не зупинила роботу над польсько - українською програмою прикордонної співпраці. Крім того, це прискорило підготовку програми у двосторонній формулі. У нинішній ситуації двостороння співпраця Україна - Польща в рамках Interreg набуває особливого значення. Interreg зосереджується на розвитку європейських регіонів і вирішенні проблем, що вимагають тісної співпраці, поза національними кордонами.

Мета і завдання дослідження

Метою статті є визначити сучасні тенденції розвитку транскордонного туризму Україна – Польща в умовах євроінтеграційних процесів. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- визначити практичне значення Програми Inerreg NEXT Польща – Україна 2021 – 2027рр. для розвитку транскордонного туризму;
- обґрунтувати нові форми транскордонної співпраці, що прискорюють розвиток та співпрацю прикордонних громад;
- з’ясувати, що впливає на якісну трансформацію системи транскордонного туризму;
- проаналізувати особливості сфери туризму в транскордонному регіоні.

Результати дослідження

На розвиток системи транскордонного туризму Україна - Польща в умовах повномасштабної війни, як зазначалось, має також значний вплив ряд прогам, зокрема:**Interreg NEXT Польща-Україна 2021-2027 (**Польща(воєводства Підляське, Люблінське, Підкарпатське, частина Мазовецького) та Україна (Волинська, Львівська,Закарпатська, Рівненська, Тернопільська, Хмельницька та Івано-Франківськаобласті)) з б**юджетом** 187,4 млн. євро, пріоритет надається транскордонному туризму, де головною ціллю є підвищення ролі міжнаціональних культур на засадах сталого розвитку туризму, у відповідності до трендів соціальної інклюзії та соціальних інновацій.

Одним із пріоритетів, які відповідають транскордонному туризму є тренд розвитку внутрішнього, автентичного, сільського зеленого туризму на основі **стійкого «зеленого» прикордонного регіону:** підвищення ролі культури та сталого туризму в економічному розвитку, соціальній інклюзії та соціальних інноваціях; сприяння адаптації до кліматичних змін, запобіганню ризику стихійних лих, стійкості, з урахуванням екосистемних підходів; оптимізація захисту та збереження природи, біорізноманіття та зеленої інфраструктури, включно з міськими територіями, й зменшення всіх форм забруднення. Окрім того, важливе місце у трансформації транскордонного туризму має **взаємодіючий прикордонний регіон,** що передбачає підвищення ефективності державного та регіонального управління шляхом сприяння правовій та адміністративній співпраці та співпраці між громадянами, представниками та установами громадянського суспільства, зокрема з перспективою усунення правових та інших перешкод у прикордонних регіонах. **Детальніше про програму:** https://www.pbu2020.eu/ua.

В умовах сьогоднішнього дня у прикордонні Україна - ЄС необхідне запровадження нових форм транскордонної туристичної співпраці з метою підвищення ефективності співпраці для досягнення єдиного інтегрованого простору. Нові підходи до транскордонної співпрці в галузі економіки та туризму успішно функціонують через «європейські угрупування територіального співробітництва», «транскордонні партнерства», «транскордонні кластери» і «транскордонні інноваційні проекти» тощо.

Не всі перераховані форми є у повній мірі ефективними, вони чітко визначаються регіональною політикою сусідніх держав і їх угрупувань, є вагомим чинником підвищення життєвого рівня даних територій. Кожен регіон володіє значними туристичними ресурсами, їхня природна та історико-культурна унікальність створює необхідні умови для створення конкурентоспроможного туристичного продукту. Однак вирішення всіх питань, пов’язаних з відкриттям нових туристичних брендів та маршрутів вимагає проведення соціально-економічного моніторингу сфери туризму, єдиного інформаційного простору, скоординованої державної та регіональної політики з розвитку сфери туризму, забезпечення реалізації нових туристичних процесів розвитку транскордонного туризму [10].

Європейський досвід свідчить, що створення транскордонного партнерства зумовлює суттєві переваги для транскордонних регіонів і дає можливість активного залучення громадських, приватних організацій та третього сектору з обох сторін кордону, використання їх знань та інтересів з питань транскордонної діяльності в галузі туризму [11].

Сфера туризму є барометром інтересу суспільства до певної країни особливо у прикордонні та обумовлює необхідність співпраці з нею.

Транскордонне співробітництво у сфері туризму - це специфічна сфера зовнішньоекономічної, політичної, екологічної, культурно-освітньої та інших видів міжнародної діяльності, що здійснюється на регіональному рівні. Даний вид

співробітництва, охоплює усі загальні форми, відрізняється необхідністю та можливостями більш активного їх використання, а також низкою особливостей, а саме – наявністю кордону і необхідністю його облаштування, спільним використанням природних ресурсів і, відповідно, спільним вирішенням проблем екологічної безпеки. Транскордонний туризм впливає на більш широке взаємне спілкування населення сусідніх держав та особистими зв'язками людей, значно вищим навантаженням на інфраструктуру (дороги, зв'язок, сферу обслуговування, придорожня інфраструктура) [12]. Усі транскордонні туристичні зв'язки адміністративно-територіальних одиниць прикордонних регіонів утворилися на основі багаторічної традиції міжрегіональної туристичної співпраці.

Зарубіжний досвід показує, що інкубатори бізнесу у сфері туризму дають новоствореним підприємствам «швидкий старт», прискорюючи їх розвиток в 7 - 10 разів порівняно з підприємствами-початківцями, створеними в будь-якому іншому місці.

На якісну трансформацію системи транскордонного туризму першочергово впливають:

- всеохоплюючий брендинг території як світового лідера серед унікальних туристичних атракцій, де безпека і процвітання забезпечуються в процесі дипломатичних переговорів;
- полегшення візового режиму та вдосконалення міграційної та інвестиційної політики;
- поліпшення координації дій між урядовими установами та впровадження загального підходу до ділових поїздок і туризму на рівні уряду в цілому;
- розробка методики дослідження оцінки та ефективності туристичної дипломатії.

Рушійною силою економічних перетворень транскордонних територій є наявні туристичні ресурси, менеджмент, логістика та кадрове забезпечення, що мають підвищити туристичну привабливість як України так і Польщі на світовому рівні та забезпечити соціально-економічний розвиток.

До прикладу, українсько- польський транскордонний регіон охоплює Волинську, Львівську,Закарпатську, Рівненську, Тернопільську, Хмельницьку та Івано-Франківську області України та Звоєводства Польщі (Підляське, Люблінське, Підкарпатське, частина Мазовецького). Рівень двосторонніх українсько- польських відносин міждержавного співробітництва повністю відповідає цивілізованим стандартам відносин розвинених європейських демократій. Значні можливості для всебічної взаємовигідної співпраці між Україною і Польщею зумовлені багатьма об'єктивними чинниками: наявністю спільного кордону, глибокими історичними, культурними та традиційними господарськими зв'язками народів, існуванням численної української національної меншини в Польщі та польської в Україні.

У зв'язку з цим, важливими завданнями сьогодення є: ідентифікація і розвиток Західного прикордоння, як єдиного туристичного регіону; розвиток інтегрованої системи маркетингу і популяризації українсько- польського транскордонного регіону в Україні, Польщі та інших країнах; підготовка висококваліфікованих спеціалістів для обслуговування туристичного руху та менеджерів з транскордонного туризму; створення потужної та інституційної інфраструктури для розвитку туризму у межах українсько-польського прикордоння.

Аналіз туристичних принад зазначеного регіону дає можливість визначити основні напрямки відпочинку, найбільш популярні серед туристів і відвідувачів Карпатського регіону з української, словацької, угорської, польської та румунської сторін в межах прикордонних територій Закарпаття. Серед них такі види туризму, як: гірськолижний; оздоровчий; водний; піший та велосипедний; пізнавальний; екскурсійний та інші.

Організація транскордонної співпраці має ґрунтуватись на таких напрямках, які є найважливішими для вирішення економічних та соціальних проблем прилеглих територій та забезпечують їх успішне впровадження та розвиток. Пріоритетами є створення єдиної мережі туристично-інформаційних центрів; розбудова митної та прикордонної інфраструктури сторін; розвиток партнерської мережі між територіальними громадами, органами місцевого самоврядування та громадськими організаціями прикордонних регіонів; розвиток ділового співробітництва через активізацію інвестиційної та зовнішньоекономічної діяльності між прикордонними територіями в галузі туризму; здійснення спільних заходів щодо активізації розвитку туристичної інфраструктури в прикордонних регіонах тощо.

Варто зауважити, що Студентською туристичною агенцією «Подільські мандри» Хмельницького національного університету (Україна) розроблено ряд транскордонних екскурсій у тому числі для внутрішньо переміщених осіб (із прифронтової зони), зокрема, «Буковинський променад», «Кам'янець - Подільський – квітка на камені, перлина Поділля», «Дністровська Рив'єра», «Історія, культура, старожитності та легенди Подільського Наддністров'я», «Поліські княжі міста», «Намисто Надслуччя» тощо. Особливо великою популярністю користуються екскурсійні та туристичні маршрути, які показують історію, культуру, гастрономічні традиції народностей, що проживають на теренах Поділля, Буковини та Галичини. Вони є популярними не лише для внутрішнього споживача, але й для зовнішнього споживача (іноземних гостей).

Війна спустошила сферу туризму, порушила фінансові, енергетичні та продовольчі ринки, спричинила інфляцію по всьому світу. Сфера туризму внаслідок російсько-української війни сильно постраждала як в Україні, так і за кордоном. Разом із тим, варто відзначити, що нині сфера туризму, зокрема у транскордонному регіоні, визначається наступними особливостями [13]:

- менеджмент туристичного бізнесу більш зосереджений на волонтерстві та перетворенні туристичних хабів на гуманітарні чи волонтерські штаби;
- на туристичному маршруті повинні бути передбачені бомбосховища чи інші захисні споруди;
- повинні бути мінімізовані маршрути довкола важливих державних і військових об'єктів, які можуть стати мішенями ракетно-бомбових ударів російського агресора;
- пляжні та пішохідні тури неможливі через триваючі військові дії й наявність мінних полів, розмінування яких, за прогнозами, триватиме кілька років після закінчення війни.

Разом з тим, у сфері ділового туризму спостерігається новий якісний виток після застійного періоду (2019-2022рр.), в'їзний туризм в Україні починає відроджуватися, а з ним - бізнес-сегмент у вигляді конференцій, тренінгів, семінарів тощо, що відбуваються у західних транскордонних регіонах (Єврорегіони «Карпатський», та «Буг»). Даний туризм розрахований на релокований бізнес, медичний туризм та професійне перенавчання (майстер-класи, тренінги тощо) у тому числі для переселенців з окупованих територій та прифронтової зони.

Варто зауважити, що впровадження інноваційних процесів в індустрії туризму потребує постійного менеджменту з самого початку. Інфраструктура індустрії туризму є сферою діяльності, в якій через свої особливості такі процеси є вкрай необхідними. Впровадження інновацій як фундаментального елементу розвитку туристичної сфери призведе до пожвавлення економічної активності в цій індустрії та підвищення конкурентоспроможності галузі на світовому туристичному ринку. Перспективи розвитку туризму в Україні після війни можуть включати наступне [13]:

- збільшення частки туристів можна завдяки досвіду країн, які пережили війну, оскільки у багатьох туристів виникає інтерес до місць, які стають пам'ятними маршрутами та повоєнними символічними місцями. Освітній туризм може бути актуальним для того, щоб «побувати і побачити на власні очі» лихоліття, які відбувалися в Маріуполі, Бучі, Ірпені, Харкові та інших містах і селах після війни;
- вшанування певних героїчних місць в Україні, таких як Чорнобаївка, острів Зміїний тощо, що можуть бути унікальними символами слави;
- наповнення фондів для відновлення України та створення конкретних програм і стратегій відновлення.

Щоб відновити позиції України на післявоєнному міжнародному ринку туристичних послуг, підприємства галузі повинні знайти нові способи реклами та продажу своїх продуктів і послуг. Одним із них є створення системи раціональних взаємозв'язків для вирішення певних планових завдань. Правильна їх інтеграція дозволить забезпечити синергетичні зв'язки та посилити дії один одного.

Висновки

У результаті дослідження щодосучасних тенденій розвитку транскордонного туризму Україна - Польща в умовах євроінтеграйних процесів зробимо наступні висновкиВарто зазначити, що у даній Програмі пріоритет надається транскордонному туризму, як модератора розвитку міжнаціональних відносин на засадах соціальної інклюзії та соціальних інновацій:

1.з'ясовано практичне значення Програми InerregNEXT Польща – Україна 2021 – 2027рр. для розвитку транскордонного туризму.Доведено, що у даній Програмі пріоритет надається транскордонному туризму, як модератора розвитку міжнаціональних відносин на засадах соціальної інклюзії та соціальних інновацій

2. обґрунтувано доцільність нових форми транскордонної співпраці, що прискорюють розвиток та співпрацю у прикордонних громад це зокрема:нові підходи до транскордонної співпраці в галузі економіки та туризму успішно функціонують через «європейські угрупування територіального співробітництва», «транскордонні партнерства», «транскордонні кластери» і «транскордонні інноваційні проекти» тощо

3. Булоз'ясовано, що на якісну трансформацію системи транскордонного туризму впливає: всеохоплюючий брендинг території, як світового лідера серед унікальних туристичних атракцій, де безпека і процвітання забезпечуються в процесі дипломатичних переговорів; полегшення візового режиму та вдосконалення міграційної та інвестиційної політики; поліпшення координації дій між урядовими установами та впровадження загального підходу до ділових поїздок і туризму на рівні уряду в цілому; розробка методики дослідження оцінки та ефективності туристичної дипломатії

4. Проаналізовано особливості сфери туризму в транскордонному регіоніменеджмент туристичного бізнесу більш зосереджений на волонтерстві та перетворенні туристичних хабів на гуманітарні чи волонтерські штаби;на туристичному маршруті повинні бути передбачені бомбосховища чи інші захисні споруди;повинні бути мінімізовані маршрути довкола важливих державних і військових об'єктів, які можуть стати мішенями ракетно-бомбових ударів російського агресора;пляжні та пішохідні тури неможливі через триваючі військові дії й наявність мінних полів, розмінування яких, за прогнозами, триватиме кілька років після закінчення війни.

Література

1. Болян А.В. Міжрегіональне, транскордонне співробітництво України за умов розширення Європейського Союзу (на прикладі прикордонних регіонів України та Угорщини). – Ужгород: Ліра, 2005. – С. 19-20.

2. Журба І.Є. Транскордонне співробітництво в системі міжнародних економічних відносин // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки №1. Т1. , 2008. – С. 80-89.
3. Мікула Н.А. Міжтериторіальне та транскордонне співробітництво: Монографія. – Львів: ІРД НАН України, 2004.- 395с.
4. Бєлєнький П.Ю., Мікула Н.А. Методологічні аспекти міжрегіонального та транскордонного співробітництва // Зовнішньоекономічний кур'єр. №1-2, 2001 р. Львів ТПП. – С. 9-13.
5. Hagett P.: Alternative futures problems and possibilities, w; Directions in Geography, Methuen, London, 1973, P. 79-80.
6. Мікула Н.А. Міжтериторіальне та транскордонне співробітництво: Монографія. – Львів: ІРД НАН України, 2004.- 395с.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Девтеров І. В., Зінич П. Л.
Київського національного університету будівництва і архітектури, Украина

Анотація. В сучасному світі у процесі урбанізації територій можна спостерігати радикальні зміни у системах життєзабезпечення мешканців великих міст, удосконалення систем цивільної інженерії, що розвиваються зараз великими темпами. Це пов'язано з переходом до нового економічного устрою, значними змінами в сфері ІТ-технологій, що передбачають використання хмарних сервісів, штучного інтелекту, нейромереж тощо.

Майбутнє сучасного міста можна побачити вже сьогодні у таких містах як Сінгапур, Токіо, Нью-Йорк, Шанхай та ще цілій низці мегаполісів, які вже зараз використовують технологію Smart City у повному обсязі [7-10], вдосконалюючи її переваги кожного дня.

Отже - *специфіка досліджень і вдосконалення* систем цивільної інженерії полягає у розгляді та аналізі інфраструктурних систем, які забезпечують життєвоважливі послуги громадянам і об'єктам в промисловості. Слід відмітити деяі особливості таких досліджень та вдосконалень. Це, перш за все, мультисистемний підхід. Системи цивільної інженерії включають в себе широкий спектр інфраструктури в містах з водопостачанням, водовідведенням, енергопостачанням та інші. Дослідження в цій області часто зосереджуються на взаємодії між цими системами та їх взаємовпливом. Має місце при цьому комплексність проблем в сфері цивільної інженерії, що часто вимагають комплексного підходу через їх масштабність та вплив на різні аспекти життя суспільства. Дослідження повинні враховувати економічні, соціальні, екологічні та технічні аспекти. Велику увагу слід приділяти інноваціям та технологічному прогресу. Швидкий технологічний розвиток сприяє виникненню нових можливостей для вдосконалення інфраструктури систем. Дослідницька робота в цій області спрямована на впровадження новітніх технологій та інноваційних підходів для покращення ефективності, стійкості та роботоздатності систем. Не слід забувати і про зміни клімату, які ставлять перед інженерами нові адаптаційні виклики, такі як зміна рівнів води, збільшення частоти природних лих та потенційні ризики для інфраструктури. Дослідження зосереджуються на розробці та впровадженні стратегій адаптації до цих змін.

У дослідженні подібних систем слід також враховувати фактор управління ризиками та безпеку інфраструктурних систем, що є одним із пріоритетів у дослідженнях та вдосконаленнях. Це охоплює виявлення та управління ризиками, а також розробку заходів з підвищення стійкості та захищеності систем від потенційних загроз.

Безумовно, в сучасному суспільстві грають значну роль участь громадськості та стейкхолдерів. Очевидно, що успішні дослідження та вдосконалення систем цивільної інженерії часто вимагають широкого співробітництва з громадськістю, владними органами, промисловими компаніями та іншими стейкхолдерами для забезпечення прийнятних рішень та реалізації проектів.

Ці специфіки дозволяють інженерам та дослідникам ефективно вдосконалювати системи цивільної інженерії з урахуванням потреб сучасного суспільства та викликів, що стоять перед ним.

Отже, функціонування систем цивільної інженерії в Україні вимагає постійного вдосконалення, інвестицій та співпраці між різними рівнями влади, науковцями, спеціалистами з експлуатації та комунальними структурами для забезпечення належної якості та доступності послуг населенню.

Стан системи цивільної інженерії в Україні можна описати наступним чином:

1. Інфраструктурні виклики: Україна стикається зі значними інфраструктурними викликами, такими як стан доріг, мостів, аеропортів та інших об'єктів. Багато з них потребують ремонту та модернізації.
2. Корупція: одним з серйозних проблемних аспектів у будівельній галузі є корупція. Це може призводити до недостатньої якості будівельних робіт, недоотримання необхідних дозволів та перевищення бюджетів проектів.

3. Енергоефективність: за останні кілька років в Україні були прийняті закони та нормативно-правові акти, спрямовані на підвищення енергоефективності будівель та використання відновлюваних джерел енергії. Проте, виконання цих законів ще не є повністю ефективним.
4. Кадровий дефіцит: у будівельній галузі в Україні відчутний дефіцит кваліфікованих кадрів, особливо інженерів і проектантів. Це може ускладнювати розвиток галузі та якість будівельних робіт.
5. Система стандартизації та регулювання: процеси стандартизації та регулювання в будівельній галузі потребують подальшого удосконалення, щоб забезпечити високу якість будівництва та безпеку споживачів.
6. Цифрові технології: впровадження цифрових технологій, таких як BIM-технології, ще не є широко поширеним. Це може призвести до недосягнення повного потенціалу в управлінні проектами та підвищенні продуктивності.

Хоча існують виклики, Україна також має значний потенціал для розвитку систем цивільної інженерії, особливо з урахуванням підтримки та реформ у вищезгаданих сферах.

Розвиток систем цивільної інженерії має комплексний та системний характер [3] з ряду причин: 1) - інтегрований підхід: цивільна інженерія включає в себе різноманітні аспекти, такі як проектування, будівництво, управління проектами, експлуатація та обслуговування будівель та інфраструктури. Розвиток цього напрямку потребує інтегрованого підходу до всіх цих аспектів; 2) - взаємодія різних галузей: цивільна інженерія взаємодіє з різними галузями, такими як економіка, екологія, соціологія та технології. Розвиток системи цивільної інженерії потребує урахування впливу цих галузей одна на одну; 3) - комплексність процесів: процеси, пов'язані з будівництвом та експлуатацією інфраструктури є комплексними та мають багато взаємозалежностей. Наприклад, планування будівельних проектів повинно враховувати різні фактори, такі як геологічні умови, екологічні аспекти, потреби споживачів і т. п.; 4) - управління ресурсами: розвиток систем цивільної інженерії вимагає ефективного управління різними видами ресурсів, такими як людські, фінансові, матеріальні та природні ресурси; 5) - поєднання технічних та гуманітарних аспектів: успішний розвиток цивільної інженерії потребує поєднання технічних знань та навичок з гуманітарними аспектами, такими як управління проектами, комунікація і з зацікавленими сторонами та врахування соціальних та етичних аспектів.

Таким чином, через ці та інші фактори розвиток систем цивільної інженерії є комплексним і потребує інтегрованого підходу до різних аспектів галузі. Поєднання технічних та гуманітарних аспектів є доволі важливим, тому що все виконується людьми і для людей. Покращення життя людей, створення комфортного міського довкілля є першочерговим завданням створення нових систем цивільної інженерії.

Тобто процеси теплогазопостачання і вентиляції, водопостачання і водовідведення в сучасному контексті потребують системного перезавантаження, поліпшення управління, автоматизації процесів і залучення сучасних технологій, які значно спрощують виконання експлуатаційних робіт, управління та ремонту відповідного обладнання.

Отже, розвиток систем цивільної інженерії в Україні має значний потенціал і визначається кількома ключовими напрямками:

1. Інфраструктурні проекти: Україна потребує значних інвестицій у будівництво та реконструкцію інфраструктури, такої як дороги, мости, аеропорти, залізниці, водопровідні та каналізаційні системи. Розвиток цих галузей сприятиме економічному зростанню та підвищенню якості життя громадян.

2. Енергоефективність та відновлювана енергія: збільшення уваги до енергоефективності будівель і використання відновлюваних джерел енергії стає все більш актуальним. Розвиток сучасних технологій у сфері енергозбереження та використання відновлюваних джерел енергії може допомогти зменшити енергетичну залежність країни і знизити негативний вплив на довкілля.
3. Цифрові технології: впровадження цифрових технологій у будівництві, таких як будівельне моделювання інформації (BIM-технології), дозволить підвищити продуктивність, зменшити витрати і покращити якість будівництва.
4. Розвиток міст: у зв'язку зі зростанням міського населення важливо розробляти імовірність для сталого розвитку міст, включаючи забезпечення ефективного транспорту, житла, інфраструктури та зелених зон.
5. Кадровий потенціал: розвиток системи цивільної інженерії потребує наявності висококваліфікованих кадрів. Тому важливо забезпечити належну підготовку фахівців у сфері будівництва, інженерії та управління проектами.
6. Стандартизація та регулювання: розвиток ефективної системи стандартизації та регулювання в галузі будівництва сприятиме підвищенню якості будівельних робіт та безпеці споживачів.

Враховуючи ці напрямки, Україна може досягти значного прогресу в розвитку систем цивільної інженерії, що сприятиме загальному економічному зростанню та покращенню якості життя населення.

Автоматизація систем цивільної інженерії в Україні може значно полегшити управління та забезпечити ефективне використання енергії, що є важливим аспектом у контексті екологічних викликів та енергоефективності.

Таким чином, автоматизація, а згодом – цифровізація систем теплогазопостачання і ветиляції в країні передбачають радикальні зміни в **управлінні** даними системами.

Управління системами цивільної інженерії включає в себе ряд стратегічних та оперативних аспектів, які спрямовані на ефективне планування, реалізацію та експлуатацію будівельних проектів і інфраструктури. Ось деякі ключові аспекти управління системами цивільної інженерії:

1. Стратегічне планування: включає в себе визначення довгострокових цілей та прийняття рішень щодо напрямків розвитку системи цивільної інженерії. Стратегічне планування повинно враховувати економічні, соціальні, технічні та екологічні аспекти.
2. Управління проектами: це один з ключових аспектів управління системами цивільної інженерії. Включає в себе планування, організацію, виконання та контроль проектів з метою забезпечення вчасного та бюджетного виконання, а також досягнення поставлених цілей проекту.
3. Управління якістю: забезпечення високої якості будівельних проектів та інфраструктури є критично важливим аспектом управління системами цивільної інженерії. Включає в себе використання стандартів якості, контроль якості будівельних матеріалів та процесів, а також виконання відповідних іспитів і атестацій.
4. Фінансове управління: ефективне управління фінансами є ключовим аспектом управління системами цивільної інженерії. Включає в себе бюджетування, управління витратами, фінансовий контроль та звітність.
5. Управління ризиками: управління ризиками включає в себе ідентифікацію, оцінку, управління та моніторинг ризиків, пов'язаних з будівельними проектами та інфраструктурою. Метою є мінімізація впливу негативних ризиків та максимізація можливостей.

6. Співробітництво та комунікації: ефективне управління системами цивільної інженерії передбачає належне співробітництво та комунікації між всіма зацікавленими сторонами, такими як замовники, підрядники, державні органи, споживачі та інші зацікавлені сторони.

Ці аспекти управління спільно допомагають забезпечити ефективний розвиток та управління системами цивільної інженерії з урахуванням різноманітних аспектів та вимог.

Треба відмітити, що в сучасних умовах доволі слабкий штучний інтелект (ШІ) і нейромережі можуть використовуватися для керування системами цивільної інженерії в будівлях. Ці технології дозволяють забезпечити більш ефективне та автоматизоване управління містом [7], зменшити споживання енергії та забезпечити комфортні умови для мешканців або користувачів будівель.

Ефективне використання систем теплогазопостачання, вентиляції, водопостачання і водовідведення є критично важливим для створення та підтримання комфортних умов життя та здоров'я мешканців. Основні чинники ефективного забезпечення роботоздатності даних систем включають, перш за все, наявність та підтримку відповідної інфраструктури, як результат проектування, будівництва експлуатації, відповідного ремонту та підтримання інженерних мереж в належному стані; використання енергоефективних технологій та матеріалів для мінімізації споживання енергії та зниження викидів в атмосферу. Окрім цього слід враховувати утеплення будівель, встановлення енергоефективних опалювальних систем, а також використання відновлювальних джерел енергії.

Важливими чинниками є якість води та повітря: забезпечення безпечної та якісної води для пиття та використання в побуті, а також належна вентиляція для забезпечення чистого та безпечного повітря в приміщеннях. Має проводитись регулярне технічне обслуговування та контроль стану систем теплогазопостачання, водопостачання та водовідведення для запобігання аварій та забезпечення надійної роботи. Все це включає ефективне управління ресурсами, враховуючи контроль споживання енергії, води та газу, а також впровадження систем обліку та моніторингу. При цьому слід забезпечити доступність цих послуг для всіх мешканців, враховуючи малозабезпечені та вразливі верстви людей. Важливо необхідним є постійний пошук інноваційних рішень та технологій для покращення якості, ефективності та доступності систем теплогазопостачання, вентиляції, водопостачання та водовідведення.

Перспективи розвитку систем цивільної інженерії **у світі** можна розглядати у контексті декількох ключових напрямків:

1. Сталість та ефективність будівництва: завдяки швидкому розвитку технологій та використанню інноваційних матеріалів, системи цивільної інженерії стають більш стійкими, ефективними та економічними. Впровадження розумних технологій, таких як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та автоматизація процесів, допомагає покращити якість та зменшити витрати на будівництво та експлуатацію інфраструктури.
2. Стале будівництво та екологічна дружність: зростання усвідомлення щодо екологічних проблем спонукає до розвитку зелених технологій у будівництві. Це включає в себе використання відновлюваних джерел енергії, рециклінг матеріалів, зменшення викидів $CO2$ та розвиток енергоефективних рішень.
3. Смарт-міста та інтеграція технологій: у світі все більше населення переїжджає до міст, що ставить перед владами завдання створення «розумних» міст. Це передбачає впровадження інформаційних технологій для оптимізації

транспортної, енергетичної та інших систем, а також розвиток інфраструктури для підтримки цього розвитку.

4. Адаптація до зміни клімату: зі зростанням кількості природних лих, таких як повені, зливи, урагани тощо, інженери повинні розвивати нові технології та інфраструктуру, яка буде стійкою до зміни клімату та забезпечить захист міст і громад.
5. Глобальна конкуренція та співпраця: зростання світової конкуренції у галузі інженерії стимулює розвиток нових технологій та методів. Співпраця між країнами та організаціями стає все важливішою для обміну найкращими практиками та знаннями.

Отже, перспективи розвитку систем цивільної інженерії у світі полягають у впровадженні новітніх технологій, зростанні екологічної дружності, розвитку інфраструктури для смарт-міст та адаптації до зміни клімату, що вимагає глобальної співпраці та конкурентоспроможності.

Особливу увагу слід приділити розвитку Smart City (розумних міст, англ.), тому що місто, яке керується системами штучного інтелекту і нейромережами, є значно ефективнішим, ніж традиційні міста, при цьому в Smart City інтегровані не тільки системи життєзабезпечення міста, але й самі мешканці, які підключені до загальної системи тим чи іншим способом, аж до інтегрованих в організм людини мікрочіпів різного призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А. А. Редько, Д. Х. Харлампиди. Анализ режимов работы геотермальных теплонасосных установок // Розробка схем теплопостачання населених пунктів України. УДК 621.577. №4/2008. С. 21-25.
2. Іванов, О. М., & Петрова, Н. С. (2019). Енергоефективність систем теплопостачання міст. Київ: Видавництво «Енергетика».
3. Литвиненко, А. В., & Гавриленко, О. П. (2021). Управління ресурсами в системах теплогазопостачання та водопостачання міст. Екологія та природокористування, 9(3), 102-115.
4. Сидоров, В. П., & Григоров, М. О. (2020). Оптимізація систем вентиляції житлових будинків у міських умовах. Вісник Інженерної Академії України, 8(2), 45-52.
5. Шевченко, І. М., & Ковальова, О. В. (2018). Сучасні підходи до управління водопостачанням та водовідведенням у містах. Журнал інженерних наук, 6(4), 23-31.
6. Яковлєв, Д. С., & Козлов, М. В. (2017). Інноваційні технології в оптимізації систем водопостачання та водовідведення міських територій. Енергетика та водопостачання, 4(1), 56-65.
7. Штучний інтелект приходить у будівництво. Говорять експерти. // Україна будівельна. Доступно по: https://www.ua-bud.com.ua/shctuchyi-intelekt-v-budivnytstvi-ukraine/
8. Schmidt, H., & Wagner, M. (2020). Urban Cybersecurity in Germany: Challenges and Opportunities. Journal of Urban Technology, 27(4), 123-135.
9. Smart Cities: Foundations, Principles, and Applications // Houbing Song, Ravi Srinivasan, Tamim Sookoor. John Wiley & Sons, 2017.
10. Smart Cities: Governing, Modelling and Analysing the Transition // Mark Deakin, Husam Al Waer. Routledge. 2014.

PRZEGLĄD POŁĄCZEŃ MECHANICZNYCH ROZŁĄCZNYCH W PASACH NAPĘDOWYCH I TRANSPORTOWYCH

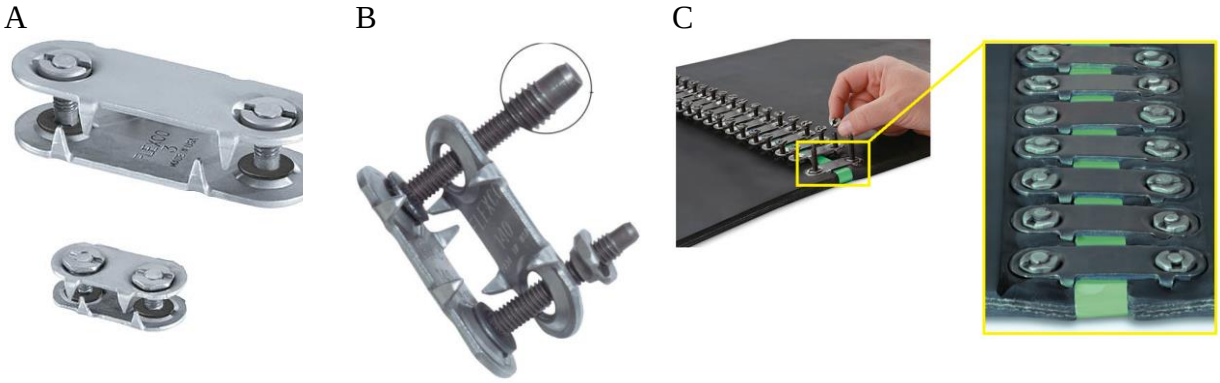
Domeracki M., Domek G.
Wydział Mechatroniki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, Polska

Streszczenie. W dzisiejszych czasach, w branży transportu materiałów oraz w przemyśle produkcyjnym, istnieje wiele systemów i metod łączenia pasów napędowych i transportowych. Wybór odpowiedniego systemu łączenia jest kluczowy dla zapewnienia niezawodności, trwałości oraz bezpieczeństwa operacji przemysłowych. Wyzwaniem jest znalezienie systemu łączenia, który spełni te wymagania w różnorodnych warunkach pracy i przy różnych zastosowaniach pasów. Od tradycyjnych metalowych połączeń po nowoczesne złącza elastyczne, rynek oferuje szereg rozwiązań. W niniejszym artykule przyjrzano się problemowi połączeń pasów, prezentując innowacyjne rozwiązania, które podnoszą ich poziom niezawodności, trwałości i efektywności w zastosowaniach przemysłowych oraz dokonano przeglądu najpopularniejszych systemów łączenia pasów, które aktualnie są oferowane przez największych ich producentów.
Słowa kluczowe: połączenia mechaniczne rozłączne, system łączenia pasów, pasy napędowe, pasy transportowe.

Wprowadzenie

Współczesny przemysł stoi przed wyzwaniem utrzymania ciągłości produkcji i minimalizacji przestojów, co wymaga niezawodnych i efektywnych systemów transportu materiałów. Kluczowym elementem tych systemów są połączenia taśm transportujących, które muszą sprostać różnorodnym wymaganiom technologicznym i eksploatacyjnym. Problematyka połączeń pasów obejmuje kwestie związane z trwałością, wytrzymałością, łatwością montażu oraz dostosowaniem do specyficznych warunków pracy. Na rynku dostępne są różnorodne technologie i systemy łączenia, które różnią się pod względem materiałów, konstrukcji oraz metod montażu, co stwarza potrzebę dokładnej analizy i właściwego doboru rozwiązania. W artykule omówione zostały najważniejsze systemy łączenia taśm transportujących i pasów płaskich, oferowane przez czołowych producentów, ich zalety oraz potencjalne zastosowania w różnych gałęziach przemysłu.

Flexco Bolt Solid Plate Verbindersystem – System łączenia Bolt Solid Plate firmy Flexco



Rys. 1. System łączenia Bolt Solid Plate firmy Flexco, gdzie: A – widok ogólny złącza, B – szczegółowy widok złącza z widoczną fazowaną śrubą oraz nakrętką, C – widok gotowego połączenia [1]

Flexco Bolt Solid Plate Verbindersystem (Rys. 1) to system łączenia oparty na łączonych ze sobą za pomocą śrub metalowych płytkach. Jest to standard przemysłowy zapewniający trwałe połączenia o długiej żywotności. Zaprojektowane dla najbardziej wymagających zastosowań w transporcie materiałów, zapewniają stabilne, szczelne połączenie o wyjątkowej sile trzymania. Dostępne rozmiary są odpowiednie dla grubości taśmy od 5 mm do ponad 24 mm [1].

Odporność na działanie wysokich sił wynika z doskonałego projektu i nacisku metalowych płytek – górnej i dolnej – na taśmę lub pas płaski. Śruby o wysokiej wytrzymałości dociskają górną i dolną płytkę, równomiernie rozkładając siłę na szerokość każdego łącznika. Aby zwiększyć siłę uchwytu, specjalnie ukształtowane zęby wnikają głęboko w korpus taśmy, nie uszkadzając jednocześnie jej materiału nośnego [1].

Montaż jest prosty dzięki sprawdzonym w praktyce szablonom do wiercenia, perforatorom i narzędziom do wiercenia, które pozwalają szybko i dokładnie przygotować taśmy do montażu łączników. Łączniki można łatwo montować na miejscu za pomocą przenośnych narzędzi ręcznych lub narzędzi zasilanych pneumatycznie. Śruby na łącznikach posiadają dodatkowe fazowania, które przyspieszają montaż [1].

Ten system łączenia oferuje szeroki zakres rozmiarów i różnych opcji materiałowych, zapewniając elastyczność i odporność na różnorodne warunki pracy. Dodatkowo istnieje możliwość naprawy uszkodzeń (np. pęknięć) taśmy za pomocą standardowych łączników Bolt Solid Plate. Dodatkowe narzędzia, takie jak Flexco-Lok Band i dłuta do naprawy, pomagają w utrzymaniu pasów płaskich w doskonałym stanie i minimalizują przestoje w procesie produkcyjnym [1].

W skład systemu wchodzą różne akcesoria i narzędzia montażowe, takie jak szablony do wiercenia, perforatory, klucze dynamometryczne oraz narzędzia do montażu. Dostępne są również różne opcje materiałowe, takie jak stal, stopy metali kolorowych i stali nierdzewnej, aby dostosować system do konkretnych potrzeb i warunków eksploatacyjnych [1].

Flexco Bolt Solid Plate Verbindersystem to niezawodny system łączenia taśm transportujących i innych pasów płaskich, który zapewnia stabilne, trwałe i bezpieczne połączenia, przynosząc korzyści w postaci zwiększonej efektywności, ograniczenia przestojów i obniżenia kosztów utrzymania [1].

Clip'N Lock™ – samozaciskowe stałe złącze do lekkich pasów firmy MLT

A B



Rys. 2. Samozaciskowe stałe złącze do lekkich pasów Clip'N Lock firmy MLT Group, gdzie: A – widok ogólny złącza, B – zainstalowane złącze na pasie [3]

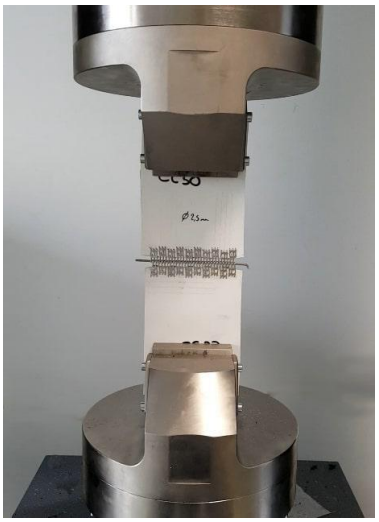
Złącza stałe Clip'N Lock™ (Rys. 2) do pasów lekkich oferują innowacyjne rozwiązania dla różnych sektorów przemysłu, zapewniając niezawodność i trwałość w ekstremalnych warunkach użytkowania. Opatentowany zacisk samozaciskowy, opracowany przez francuską firmę MLT, redefiniuje standardy wydajności i łatwości montażu w branży pasów lekkich. Niski profil i solidne połączenia złącza zapewniają silny docisk taśmy, jednocześnie

minimalizując ryzyko utraty pazurów wgłębiających się w materiał pasa, co jest istotne szczególnie w branży spożywczej [3].

Clip'N Lock™ to płaski zacisk o unikalnym wzorze meandrującym, który gwarantuje doskonałe chwytanie pazurów w szerokich pasach. Dzięki zastosowaniu podwójnych rzędów zębów oraz wzoru meandrującego, Clip'N Lock™ zapewnia 33% więcej punktów chwytania i 15% większą wytrzymałość w porównaniu do standardowych złączy. Bez dodatkowej grubości, zacisk ten doskonale sprawdza się również z małymi średnicami kół pasowych [3].

Instalacja produktów Clip'N Lock™ jest prosta i wygodna dzięki kompatybilności z narzędziami MLT Multitool oraz większością istniejących narzędzi instalacyjnych na rynku. Dzięki temu można korzystać z nowej generacji zacisków, nie inwestując w nowe narzędzia montażowe [3].

Złącza Clip'N Lock® przed wprowadzeniem na rynek przez ponad 1000 godzin testów są poddawane różnorodnym warunkom eksploatacji, gwarantując najwyższą jakość i wydajność (Rys. 3). Dzięki testom wytrzymałościowym oraz statycznym testom rozciągającym, połączenia te spełniają najwyższe standardy branżowe [3].



Rys. 3. Statyczna próba rozciągania złącza CL50 firmy MLT [3]

W tabeli 1 zestawiono najważniejsze dane techniczne złączy Clip'N Lock™.

Tabela 1. Dane techniczne złączy Clip'N Lock™ [3]

Rodzaj złącza	CL25	CL30	CL40	CL50
Zdjęcie podglądowe złącza				
Rozstaw złączy, [mm]	2,54	2,54	3,175	3,67
Grubość taśmy, [mm]	1 – 1,5	1,5 – 2	2 – 3	3 – 5
Minimalna średnica koła pasowego, [mm]	Ø 20	Ø 30	Ø 40	Ø 60
Naprężenie graniczne, [N/mm]	40	68	99	115
Jakość stali	316 L Stal nierdzewna	316 L Stal nierdzewna	316 L Stal nierdzewna	316 L Stal nierdzewna
Przypinka kablowa	Pręt ze stali nierdzewnej (pokryty nylonem lub nie) ze stali nierdzewnej Ø 1 mm	Pręt ze stali nierdzewnej lub goły (pokryty nylonem lub nie) ze stali nierdzewnej Ø 1,5 – 1,8 mm	Pręt ze stali nierdzewnej lub goły (pokryty nylonem lub nie) ze stali nierdzewnej Ø 1,8 – 2,1 mm	Pręt ze stali nierdzewnej lub goły (pokryty nylonem lub nie) ze stali nierdzewnej Ø 2,1 – 2,6 mm
Dostępne grzebienie, [mm]	350 – 600	350 – 600 – 1200	350 – 600 – 1200	350 – 600 – 1200
Długość złącza dostępna,[mm]	300 – 600	300 – 600 – 1200	300 – 600 – 1200	300 – 600 – 1200

Złącze IFS™ firmy MLT

Złącze IFS, czyli Niewidoczne Elastyczne Złącze (ang. *Invisible Flexible Splice*) (Rys. 4) to innowacyjne i szybkie rozwiązanie do łączenia taśm lekkich. Jest ono wulkanizowane i wymienne. Złącze IFS zostało udoskonalone, aby sprostać większości sytuacji i występujących ograniczeń. Nie zawiera elementów metalowych, co zapewnia optymalne warunki sanitarne i łatwe czyszczenie. Może być także używane z wykrywaczami metali i urządzeniami rentgenowskimi. Dzięki możliwości usuwania złącza IFS zapewnia jedną zasadniczą zaletę: taśma może być wymieniana bez konieczności całkowitego demontażu. Długość pinów można łatwo regulować za pomocą prostych szczypiec. Do bezkońcowego ustawienia taśmy wystarczy włożyć specjalnie zaprojektowane piny. Łatwość montażu pinów umożliwia szybki montaż i demontaż taśmy przenośnikowej [3].



Rys. 4. Widok ogólny złącza IFS™ firmy MLT Group [3]



Rys. 5. Testowanie złącza IFS™ firmy MLT Group [3]

Złącze to zostało przetestowane przez producenta w ekstremalnych warunkach na szybko biegnącym przenośniku (180 m/min) i przy temperaturach sięgających 85°C. Złącze było testowane przez 1000 godzin (Rys. 5) [3].

Do zalet tego złącza można zaliczyć [3]:

- odporność w trudnych warunkach,
- wodoodporność i płaski kształt, co zapewnia większe bezpieczeństwo użytkowania,
- elastyczność,
- łatwość w montażu, dzięki łatwemu wkładaniu pinów, co pomaga ograniczyć czas przestoju maszyn,
- łatwo usuwalne,
- nie posiada elementów metalowych,
- dobrze łączy się z taśmą.

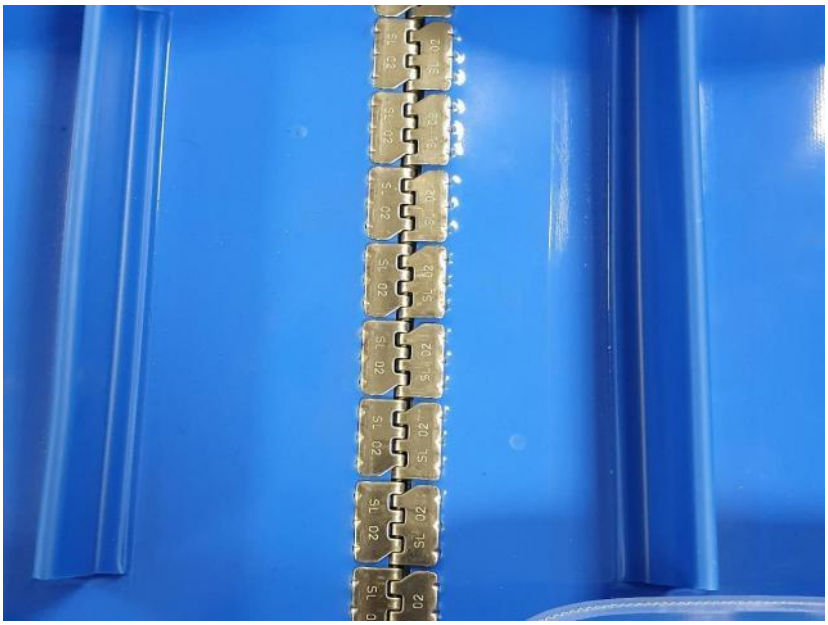
Złącze IFS jest dostępne w 4 różnych grubościach (Tabela 2), aby pasowało do większości taśm i pasów. Dostarczane jest w długości 1175 mm [3].

Tabela 2. Dane techniczne złączy IFS [3]

Grubość taśmy [mm]	Naprężenie [N/mm]
1,5 do 2,4	8
2,5 do 3,4	12
3,5 do 4,9	20
5 do 6	20

Złącze SELF-LOCK® firmy MLT

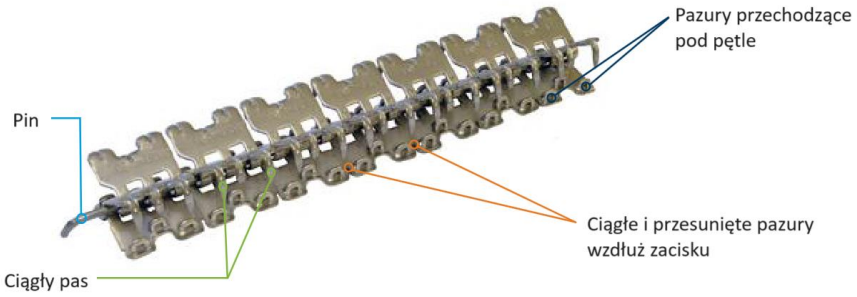
Złącze SELF-LOCK® (Rys. 6) to płaski zacisk do taśm lekkich. Złącze to zostało opracowane i opatentowane przez firmę MLT. Jego skuteczność i łatwość instalacji stanowią istotną innowację w branży taśm lekkich. Jak sugeruje nazwa, zacisk jest instalowany za pomocą pazurów, które zamykają się samodzielnie poprzez dolną pętlę tzw. samozamykanie. Ten rodzaj połączenia ułatwia jego czyszczenie. Pazury złącza usytuowane w sposób ciągły zapobiegają zanieczyszczeniu przez transportowany produkt, ponieważ znajdują się wewnątrz taśmy (Rys. 7). SELF-LOCK® ma niski profil z silnym dociskiem taśmy [3].



Rys. 6. Widok ogólny zainstalowanego złącza SELF-LOCK firmy MLT Group na taśmie transportowej [3]

Do głównych zalet tego rodzaju połączenia należą [3]:

- szybkość instalacji zacisków,
- utrzymywanie taśmy silnym dociskiem,
- utrzymywana jest większa czystość w obszarze połączenia,
- niski profil,
- złącze jest przystosowane do taśmy bez podkładu,
- wykonane ze stali nierdzewnej,
- sztywny pin,
- występuje w kilku wersjach rozmiarowych (Rys. 8).



Rys. 7. Złącze SELF-LOCK firmy MLT Group z wyszczególnionymi najważniejszymi elementami [3]

A B



C D



Rys. 8. Rodzaje złączy typu SELF-LOCK firmy MLT: A – Self-Lock™ SL 00, B – Self-Lock™ SL 02, C – Self-Lock™ SL 01, D – Self-Lock™ SL 03 [3]

W tabeli 3 zestawiono najważniejsze dane techniczne czterech rodzajów złączy typu SELF-LOCK firmy MLT.

Tabela 3. Dane techniczne czterech rodzajów złączy typu SELF-LOCK firmy MLT: SL 00, SL 01, SL 02 oraz SL 03 [3]

Rozmiar zacisku	Grubość taśmy [mm]	Minimalna średnica koła [mm]	Maksymalne obciążenie robocze taśmy [N/mm]
SL 00	0,7 – 1,8	25	12
SL 01	1,8 – 2,4	40	16
SL 02	2,4 – 3,5	50	28
SL 03	3,5 – 4,8	60	38

System połączeń SUPER-SCREW® firmy MLT



Rys. 9. Widok ogólny połącznenia typu SUPER-SCREW® firmy MLT [3]

System połączeń pasów SUPER-SCREW® (Rys. 9) to jedyne elastyczne złącze śrubowe, stworzone w 1994 roku. Śruby pozwalają na instalację złącza SUPER-SCREW® bez względu na: konfigurację przenośnika, warunki dostępu, warunki atmosferyczne, temperaturę (od -80°C do 200°C w warunkach szczytowych). Ponadto, śruby są specjalnie zaprojektowane jako samowiercące i samogwintujące: rozdzielają włókna taśmy bez ich cięcia [3].

SUPER-SCREW® to ekonomiczne, niezawodne i łatwe w instalacji rozwiązanie mocowania, które ma na celu zoptymalizowanie czasu instalacji i konserwacji, aby zwiększyć wydajność urządzeń i pracy [3].

Śruby i wkłady w tego typu złączach wykonane są ze stali niemagnetycznej o wysokiej wytrzymałości, co stanowi zaletę w wykorzystaniu tego rodzaju połączenia w środowiskach korozyjnych i solankowych, jak np.: kopalnie złota, kopalnie fosforytów, centra sortowania, zakłady nawozowe, zakłady recyklingu, obsługi soli itp. [3].

Do najważniejszych zalet tego systemu połączeń można zaliczyć [3]:

- redukcja przestojów przenośników taśmowych,
- optymalizacja wydajności,
- łatwość i szybkość w instalacji (1 do 2 osób),
- elastyczność połączenia,
- kompatybilność systemu z małymi średnicami kół pasowych.

W tabeli 4 zestawiono najważniejsze dane techniczne systemu połączeń SUPER-SCREW® firmy MLT

Tabela 4. Dane techniczne systemu połączeń SUPER-SCREW® firmy MLT [3]

Belt thickness before skiving					mm	6 + 2		6 + 3		8 + 3		10 + 3	
					inch	1/4" + 3/32"		1/4" + 1/8"		5/16" + 1/8"		3/8" + 1/8"	
Skiving blades (mm)						6.5	2.5	6,5	3.5	8.5	3,5	10.5	3,5
Type*	Type of belt		Belt tension	Operating tension	Min pulley Ø, mm	Spacer	Screw dimensions						
			N/mm	PIW									
80	800/2	800/3	800	450	250	508	5x16 - 5x18						
	800/4												
100	1000/3	1000/4	1000	570	300		5x18 - 5x12						
	1000/4	1000/6											
105	1000/3	1000/4			330		5x20 - 5x22						
	1000/5	1000/6											
125	1250/3	1250/4	1250	710	350	612	6.3x19.5 - 6.3x21						
	1250/5	1250/6											
127	1250/3	1250/5			400		6.3x21 - 6.3x22.5						
	1250/5	1250/6											
140	1400/3	1400/4	1400	800	350		6.3x19.5 - 6.3x21						
	1400/4												
145	1400/3	1400/4			400		6.3x21 - 6.3x22.5						
	1400/5												
160	1600/4	1600/5	1600	914	350		6.3x21 - 6.3x22,5						
	1600/6												
165	1600/4	1600/5			400		6.3x22.5 - 6.3x24						
	1600/6												
180	1800/5	1800/6	1800	1030	400		6.3x21 - 6.3x22,5						
185	1800/5	1800/6			500		6.3x22.5 - 6.3x24						
200	2000/5	2000/6	2000	1140	500	614	6.3x22.5 - 6.3x24						
205	2000/5	2000/6			650		6.3x24 - 6.3x25.5						
250	>2000		2500	>1430	800	616	6.3x22.5 - 6.3x24						

System EasyClip firym Mato

System łączenia EasyClip EC (Rys. 10) jest dostępny w trzech rozmiarach [2]:

- EC 62 – Zakres grubości taśmy 1,5 – 3,2 mm,
- EC 125 – Zakres grubości taśmy 3,2 – 4,8 mm,
- EC 187 – Zakres grubości taśmy 4,8 – 6,4 mm.

Dla wytrzymałości taśmy do 400 kN/m materiał łączenia to [2]:

- stal ocynkowana "G",
- stal nierdzewna 1.4404 "SS".

Łączniki występują w kilku wersjach [2]:

- powlekane nylonem ze stali ocynkowanej "ECP-NC",
- powlekane nylonem ze stali nierdzewnej "ECP-NCS",

- ze stali sprężynowej "ECP-SP",
- ze stali sprężynowej nierdzewnej "ECP-SS".

Jednostka instalacyjna EC jest [2]:

- wykonana z aluminium,
- łatwa w obsłudze,
- stanowi jedno narzędzie dla wszystkich rozmiarów i szerokości złączy.



Rys. 10. EasyClip firmy Mato z fabrycznie zamontowanymi zszywkami [2]

System mocowania ze stali nierdzewnej S30S firmy Mato



Rys. 11. Złącze ze stali nierdzewnej S30S firmy Mato [2]

System Mato S30S (Rys. 11) jest stosowany tam, gdzie większa korozja stanowi problem. W porównaniu do modelu U30, S30S posiada zszywki ze stali nierdzewnej. Główne zastosowania to: kopalnie węgla, żwirownie i kamieniołomy, zakłady cementowe, huty stalowe i przemysł ogólny [2].

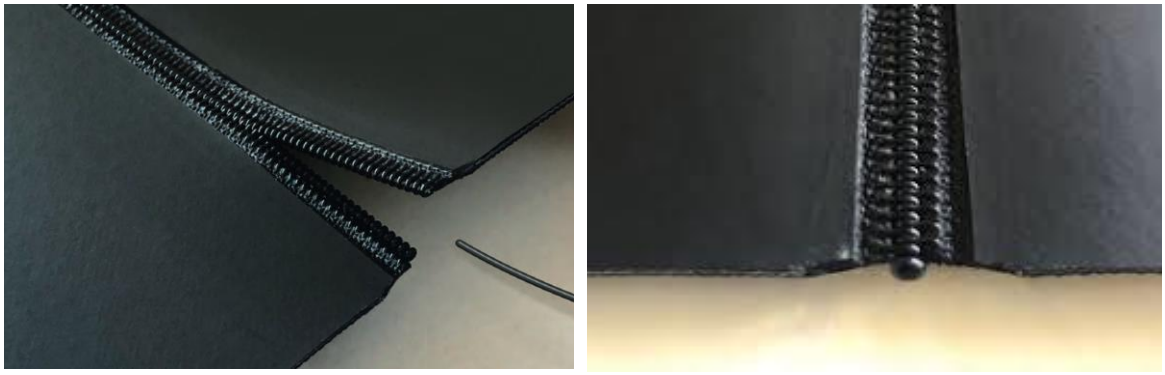
Najważniejsze informacje dotyczące złączy ze stali nierdzewnej S30S firmy Mato [2]:

- Materiał płytki:
  - Stal chromowo-niklowa.
- Materiał zszywek:
  - Stal nierdzewna.
- Mocowanie:
  - Wysyłane w pudełkach z taśmami mocującymi o długości 200 mm (możliwość indywidualnego skracania).
  - Zawartość wystarcza na jedno kompletnie złącze według szerokości taśmy (bez łącznika) dla standardowych szerokości 1000, 1200 i 1400 mm.
- Łączniki:
  - Stalowy kabel chromowo-niklowy z różnym opakowaniem ze specjalnej stali, np. dla długiego okresu użytkowania P1S, dla wyjątkowej odporności na zużycie P1C.

- Materiał mocowania identyczny jak w modelu S30S
    - Dodatkowe uszczelnienie zapobiega rozpraszaniu materiału.
    - Znaczne wydłużenie okresu użytkowania łącznika poprzez wypełnienie uszczelnionych obszarów smarem.

System łączników z tworzywa sztucznego firmy Flexco

A B



Rys. 12. System łączników z tworzywa sztucznego firmy Flexco gdzie: A – widok ogólny wtopionych łączników na końcach pasa, B – gotowe połączenie [1]

Firma Flexco oferuje rozwiązania w postaci zapięć z tworzywa sztucznego (Rys. 12), które stanowią szybką i skuteczną metodę wymiany pasów transportujących. Zapięcia te wyróżniają się prostotą montażu oraz wysoką niezawodnością. W przeciwieństwie do tradycyjnych zapięć metalowych, zapięcia z tworzywa sztucznego są wtopione na całej długości krawędzi pasa, co zapewnia wyjątkową trwałość i uniemożliwia ich wyrywanie. Nawet przy dużych obciążeniach zapięcia tego typu zachowują swoje parametry, co sprawia, że są one idealnym wyborem do zastosowań wymagających dużej wytrzymałości [1].

Kolejną zaletą zapięć firmy Flexco jest bezpieczeństwo produktów i urządzeń. Dzięki swojej konstrukcji, charakteryzującej się zaokrąglonymi krawędziami i brakiem metalowych elementów, eliminują one ryzyko powstawania punktów zaczepnych, które mogłyby spowodować uszkodzenia produktów lub opakowań oraz mechaniczne uszkodzenia na taśmociągach lub rolkach [1].

Montaż zapięć jest nie tylko prosty, ale także szybki. Nawet w trudno dostępnych miejscach instalacja nie zajmuje więcej niż 15 minut. Wystarczy połączyć końce pasa, włożyć zawiasowy kołek, a następnie roztopić końce kołka, aby utworzyć główki. Taka szybka wymiana pasów minimalizuje straty czasu, co przekłada się na efektywność procesu produkcyjnego [1].

Dodatkową korzyścią stosowania zapięć z tworzywa sztucznego jest minimalna liczba pracowników wymagana do ich montażu oraz ekonomiczność całego procesu. Dzięki temu, że zapięcia te są proste w instalacji i nie wymagają specjalistycznych umiejętności, wystarczą maksymalnie dwie osoby, aby przeprowadzić szybką wymianę pasa. Ponadto, niższe koszty montażu oraz utrzymania przekładają się na oszczędności dla przedsiębiorstwa [1].

W związku z powyższymi zaletami, zapięcia Flexco stanowią nie tylko innowacyjne rozwiązanie, ale także skuteczną odpowiedź na potrzeby współczesnych przedsiębiorstw, dbających o efektywność i bezpieczeństwo procesów produkcyjnych [1].

Połączenie ALLIGATOR® V-BELT firmy Flexco wykorzystywane w pasach klinowych

A B



Rys. 13. Połączenie mechaniczne ALLIGATOR® V-BELT firmy Flexco wykorzystywane w pasach klinowych, gdzie: A – różne rodzaje złącza, B – zainstalowane złącze na pasie klinowym [1]

System mocowania pasów Alligator® V-Belt (Rys. 13) został stworzony z myślą o zastosowaniu na maszynach wyposażonych w napędy klinowe i wieloklinowe, które pracują zarówno z pasami pojedynczymi, jak i z wieloma klinami. Wykonane są ze stali platerowanej, co zapewnia odporność na korozję [1].

Charakterystyka [1]:

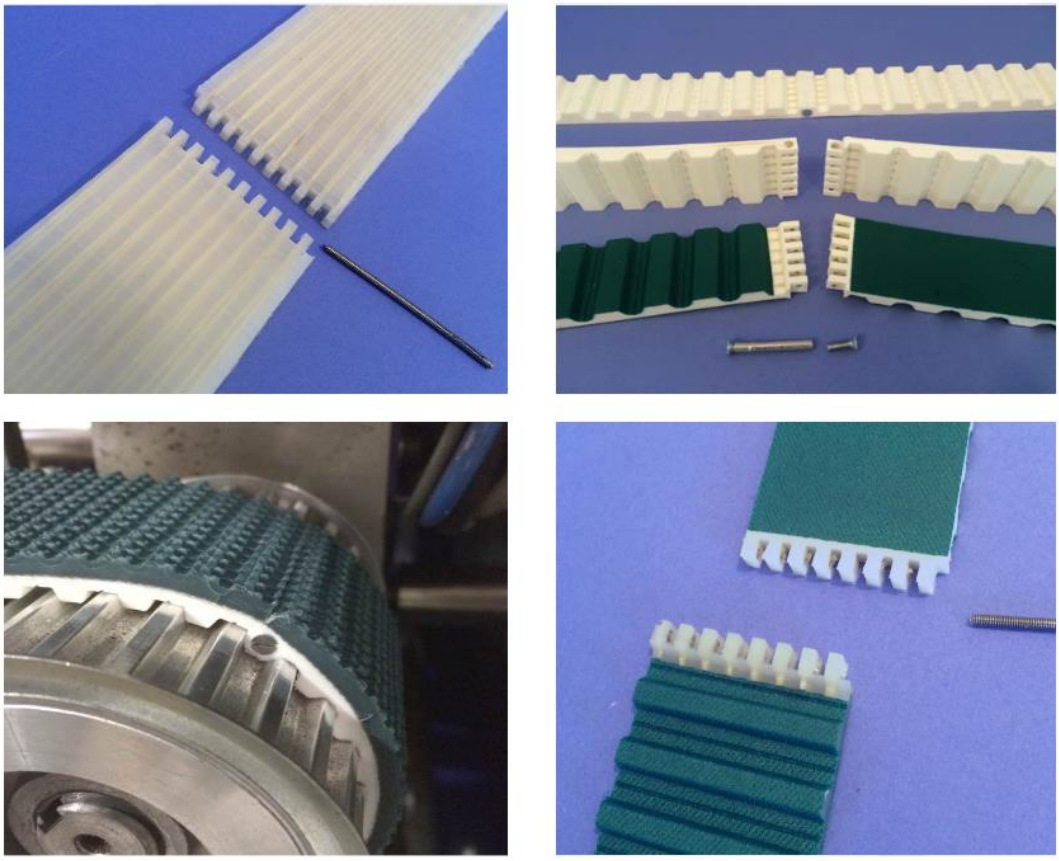
- przeznaczony do stosowania z pasami przeniesienia mocy,
- specjalnie zaprojektowane połączenie, aby chwytać końce pasa klinowego, nie zakłócając pracy kół pasowych,
- wyposażone w zawiasy, co ułatwia montaż i demontaż.

Metoda instalacji:

- użytkownik może skorzystać z przenośnych narzędzi lub przeprowadzić instalację ręcznie.

System łączenia ERO Joint® firmy Tanals

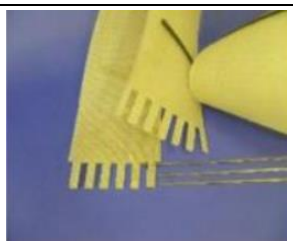
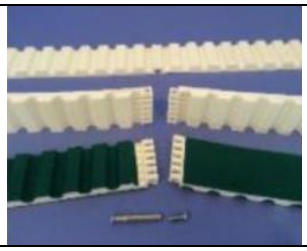
System łączenia ERO Joint® firmy Tanals (Rys. 14) zapewnia szybkie i łatwe łączenie pasów zębatych. Dzięki rozwiązaniom ERO Joint® redukuje się czas wymiany pasów, a zatem czas przestojów produkcyjnych. Pasy ERO Joint® charakteryzują się dostępnością w różnych rodzajach naciągów, powłok oraz prowadnic i po różnych obróbkach. Elementy metalowe, takie jak śruby, piny gwintowane lub gładkie kołki, wykonane są z wysokogatunkowej stali nierdzewnej. ERO Joint® charakteryzuje się równomiernym przenoszeniem obciążeń, podobnie jak ma to miejsce w połączeniach wykonanych innymi metodami. Jest dostępny dla pasów o rozstawach H, T10, AT10, T20, AT20, 8M, 14M, WT10 i WH o szerokości powyżej 10 mm. Wytrzymałość mechaniczna oraz żywotność są wyższe niż w przypadku innych systemów mechanicznego łączenia, a ponadto nie ma wymogu dotyczącego minimalnej średnicy. System ERO Joint® przeznaczony jest także dla dużych szerokości pasów i jest dostępny dla wszystkich rozstawów oraz szerokości powyżej 100 mm, przy minimalnej średnicy również 50 mm (możliwość zastosowania także z kołkami wykonanymi z tworzywa sztucznego [4].



Rys. 14. System łączenia ERO Joint® firmy Tanals [4]

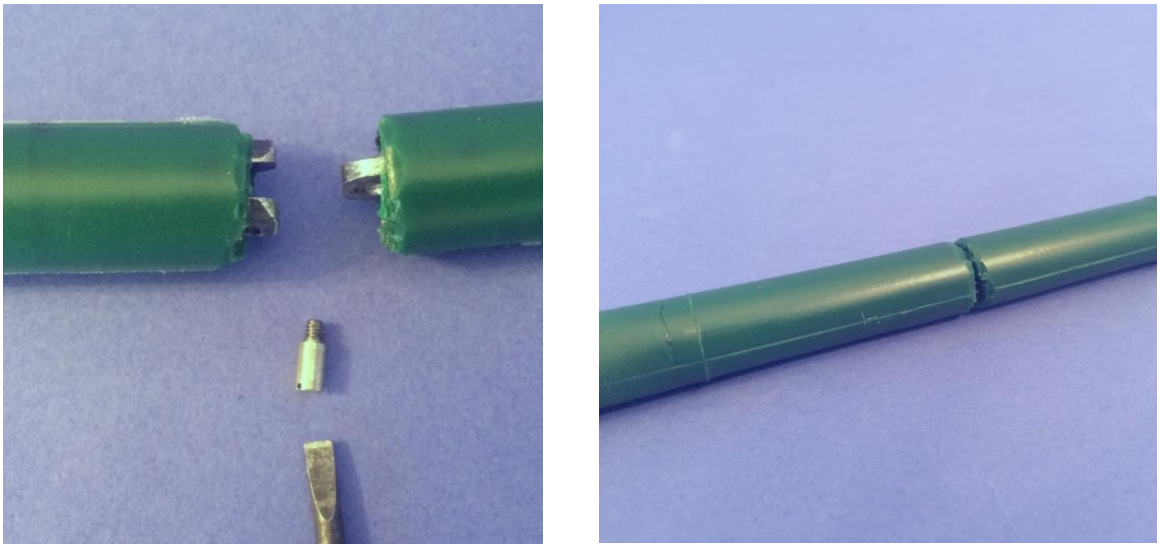
W tabeli 5 zestawiono najważniejsze dane techniczne trzech rodzajów połączeń mechanicznych typu ERO Joint®.

Tabela 5. Dane techniczne trzech rodzajów połączeń mechanicznych typu ERO Joint® [4]

	ERO Joint® Wide Timing	Ero Joint® Hinge Pin	ERO Joint® (standard)
Rodzaj zębów	WT10 – WH	T10 –AT10 – H – T20 – AT20 – 8M – 14M	T10 – AT10 – 8M – 14M
Szerokość	150 mm – 1828 mm	10 – 450 mm	16 – 100 mm
Dopuszczalna siła uciągu	400 N dla szerokości 150 mm	1170 N / 25 mm T10 1871 N / 25 mm AT10	300 N / 25 mm T10 300 N / 25 mm AT10
Rodzaj połączenia	3 płaskie pręty	1 zawiasowy sworzeń	8 lub 10 sworzni
Zdjęcie podglądowe typu połączenia			

Złącze mechaniczne ERO Joint® firmy Tanals wykorzystywane w pasach okrągłych

A B



Rys. 15. Złącze mechaniczne ERO Joint® wykorzystywane w pasach okrągłych, gdzie: A – złączki umiejscowione w pasie okrągłym, przed połączeniem ich sworzniem, B – gotowe połączenie [4]

Połączenie mechaniczne ERO Joint® są wykorzystywane także w pasach okrągłych wykonanych z poliuretanu i poliestru o średnicy od 8 mm (Rys. 15). Połączenie tego rodzaju polega na wkręceniu wzdłużnym dwóch elementów zawiasowych wykonanych ze stali nierdzewnej, a następnie połączenie ich za pomocą sworznia. We wszystkich przypadkach zespoły mechaniczne ERO Joint® są połączone z linką nośną wbudowaną w pas w celu zapewnienia wymaganej wytrzymałości mechanicznej. Połączenie te jest również wykorzystywane w pasach bez linki nośnej. Zaletą tego połączenia jest szybki i łatwy montaż [4].

Do ważniejszych zalet tego połączenia należą [4]:

- wysoka elastyczność w miejscu połączenia,
- brak konieczności stosowania specjalnych narzędzi,
- brak ścisłych procedur łączenia do przestrzegania,
- brak konieczności usuwania zadziorów.

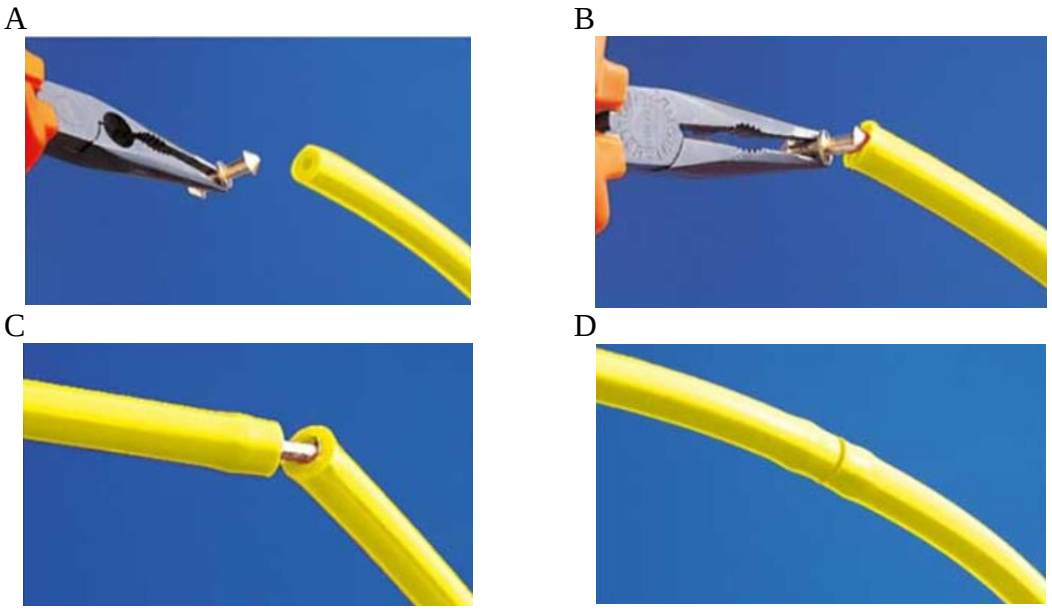
Połączenie mechaniczne pasów okrągłych za pomocą wciskanych złączy

Szybkozłącze mechaniczne do pasów okrągłych (Rys. 16) wykonane jest z aluminium. Rozmiar złącza zależy od średnicy wydrążonego otworu oraz od rozmiaru zewnętrznego pasa. Szybkozłącza tego rodzaju służą łączenia pasów okrągłych wykorzystywanych w przemyśle lekkim. Złącza występują w standardowym rozmiarze: 5 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm [5].



Rys. 16. Widok ogólny złącza [5]

Na Rys. 17 przedstawiono procedurę montażu złącza.



Rys. 17. Procedura montażu złącza, gdzie: Krok A – Za pomocą szczypiec należy chwycić prawe złącze. Zewnętrzna średnica wydrążonego okrągłego pasa określa rozmiar złącza (5 / 6 / 8 / 10 / 12 / 15 mm); Krok B – Wciśniecie łącznika w otwór; Krok C – Łączenie dwóch końców pasa. Należy przyłożyć drugi koniec pasa do końca łącznika; Krok D – Na koniec należy przeprowadzić test wytrzymałości i kontrolę wzrokową miejsca połączenia [6].

Metodyka doboru połączeń do pasa

1. Analiza warunków pracy: Pierwszym krokiem jest dokładna analiza warunków pracy, w których będzie stosowany pas. Należy uwzględnić rodzaj materiałów transportowanych, ich ciężar, temperaturę, wilgotność, prędkość przenośnika oraz inne czynniki środowiskowe, które mogą wpłynąć na działanie połączenia.
2. Określenie wymagań technicznych: Na podstawie analizy warunków pracy należy określić wymagania techniczne dla połączenia, takie jak wytrzymałość na nacisk, elastyczność, odporność na ścieranie, wodoodporność itp.
3. Wybór odpowiedniej technologii połączenia: Na podstawie wymagań technicznych oraz charakterystyki pracy pasa należy wybrać odpowiednią technologię połączenia. Możliwe opcje obejmują tradycyjne metalowe złącza, złącza elastyczne, złącza wulkanizowane, samozaciskowe złącza, złącza śrubowe itp.
4. Przegląd dostępnych rozwiązań: Następnie należy dokonać przeglądu dostępnych rozwiązań na rynku, biorąc pod uwagę wybrane technologie połączeń. Warto skonsultować się z różnymi producentami i dostawcami, aby poznać różnorodność opcji oraz ich zalety i wady.
5. Ocena kosztów: Kolejnym krokiem jest ocena kosztów związanych z wybranymi rozwiązaniami. Należy uwzględnić nie tylko koszt zakupu połączenia, ale także koszty instalacji, konserwacji i ewentualnej naprawy.
6. Testowanie wybranych rozwiązań: Po wyborze potencjalnych rozwiązań warto przeprowadzić testy w warunkach zbliżonych do rzeczywistych warunków pracy. Testowanie połączeń pozwoli ocenić ich wydajność, trwałość i niezawodność.
7. Dokumentacja i wdrożenie: Na podstawie wyników testów oraz analizy kosztów należy dokonać ostatecznego wyboru połączenia i przystąpić do jego wdrożenia. Warto również sporządzić dokumentację dotyczącą wyboru połączenia oraz planu jego instalacji i konserwacji.

8. Monitorowanie i utrzymanie: Po zainstalowaniu połączenia należy regularnie monitorować jego działanie oraz przeprowadzać konserwację zgodnie z zaleceniami producenta. Regularne utrzymanie połączenia pozwoli zapewnić jego długotrwałą wydajność i niezawodność.

Podsumowanie

W dzisiejszym przemyśle istnieje wiele rozwiązań mechanicznego łączenia pasów napędowych i transportowych. Od tradycyjnych, metalowych złączy po nowoczesne, elastyczne systemy, rynek oferuje szereg opcji. Wybór odpowiedniego systemu łączenia zależy od wielu czynników, w tym od rodzaju pasów, warunków pracy, obciążenia i innych czynników środowiskowych. Innowacyjne rozwiązania, takie jak systemy Flexco Bolt Solid Plate, Clip'N Lock™, IFS™, SELF-LOCK®, SUPER-SCREW®, EasyClip oraz MATO S30S, stanowią odpowiedź na potrzeby współczesnego przemysłu, zapewniając niezawodność, trwałość i efektywność w różnych warunkach pracy. Ich zastosowanie może przyczynić się do zwiększenia wydajności procesów produkcyjnych, ograniczenia przestojów oraz obniżenia kosztów utrzymania. Jednocześnie wartością dodaną tych systemów jest również bezpieczeństwo operacji oraz łatwość montażu i konserwacji, co sprawia, że są one atrakcyjną opcją dla przedsiębiorstw działających w branży przemysłowej, w porównaniu z innymi systemami łączenia pasów np. za pomocą klejenia albo spawania.

Bibliografia

1. www.flexco.de – dostęp dnia 05.05.2024
2. www.en.mato.de – dostęp dnia 05.05.2024
3. www.mltgroup-conveyor.com – dostęp dnia 05.05.2024
4. https://www.tanals.com – dostęp dnia 06.05.2024
5. https://www.behabelt.com – dostęp dnia 06.05.2024
6. https://www.pulisen-belt.com – dostęp dnia 06.05.2024

SIMULATION MODELING OF THE OPERATION OF AN INDUSTRIAL GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC POWER PLANT OF GROUND TYPE

Don N., Pogrebniak I., Chepelyuk O., Varenyk K., Haiko O.
Kherson National Technical University, Ukraine

Abstract. The development of methods for forecasting and adherence to the declared schedules has an important impact on improving the efficiency of both the consumer and the power grid. Traditionally, to predict the generation of electricity by a PV power plant, the plant's operation is modeled using the commercial software product PVsyst, which allows obtaining the annual total amount of electricity and the annual specific amount of electricity. In view of the above, the study of the influence of the parameters of the components of a grid-connected photovoltaic power plant on its generation is relevant. So far, the PVsyst and HelioScope software packages have shown significant results in modeling the operation of a PV power plant. On the other hand, the results of PVsyst and HelioScope generation modeling have not yet been compared with each other or with the generation of a real PV power plant that has been operating for a long time and for which monitoring data of generation to the grid are available.

That is why the task was to simulate the operation of a grid-tied PV power plant similar in parameters to the real one in the HelioScope and PVsyst software packages, determine the average values of generation to the grid during the year, taking into account losses, and compare them with the results of the operation of a real PV power plant.

A comparison of the amount of electricity generated to the grid by the real photovoltaic power plant "Bilozerka" with the results of simulation modeling of the grid-connected photovoltaic power plant in the software packages HelioScope and PVsyst was carried out.

The analysis has shown that the simulation of the operation of a grid-connected PV power plant in the PVsyst software package is more accurate than HelioScope, which can be explained by the strong dependence of the simulation results, in particular, system losses in HelioScope on the spatial location of the main equipment of the PV power plant.

The amount of electricity actually generated to the grid by the Belozerka PV power plant during the specified period is slightly higher than the value obtained by simulation modeling in PVsyst, which can be explained by significant climate change and the peculiarity of simulation modeling using the average monthly (by seasons) and average annual solar radiation value, which is determined by averaged long-term data.

Keywords: generation, electricity, photovoltaic power plant, losses, PVsyst, HelioScope.

Introduction

The study of the potential and forecasting of renewable energy sources, the formulation of general requirements for the operation of solar PV power plants are presented in many works [1]. Most of them state that the annual electricity generation of PV power plants is influenced by a number of factors: weather conditions throughout the year; shading by third-party objects; various types of maintenance and scheduled preventive maintenance at PV power plants, during which part or sometimes the entire PV power plant is de-energized and does not generate electricity [2].

According to the Law on the Electricity Market of Ukraine, the owner of a photovoltaic power plant must issue an hourly generation schedule for the next day. The development of methods for forecasting and adherence to the declared schedules has an important impact on improving the efficiency of both the consumer and the power grid [1,2].

A variety of tools can be used to determine the optimal design and operational parameters of a PV plant. Engineers strive to optimize the system to maximize power output. Investors can calculate how long it will take to receive dividends. Theoretical calculations will be needed as a starting point when putting the plant into operation - they will help to compare

the actual performance with the calculated one, and, if necessary, make appropriate adjustments.

Various software environments are used to perform pre-design work on the operation of solar power plants, but at a basic level, all calculations boil down to two questions: how much solar radiation the plant will receive and what its capacity will be.

Depending on the needs and tasks to be solved, system and project developers use both open and paid solar power plant modeling tools. As a result of the analysis of software by various criteria, it should be noted that today PVsyst [3] and Helioscope [4] are the most popular tools for modeling solar power plants among engineers and managers involved in the implementation of industrial photovoltaic power plants.

That is why the task was to simulate the operation of a grid-tied PV power plant similar in parameters to a real one in the HelioScope and PVsyst software packages [3,4], determine the average values of grid generation during the year, taking into account losses, and compare them with the results of the operation of a real PV power plant.

In [5], when determining the favorability of different regions of Ukraine for the construction of a photovoltaic power plant, a study of the generation of photovoltaic power plants that have already been installed and have been operating for more than one year was conducted. In particular, real data on the generation of the «Belozerka» PV power plant (Kherson region) obtained using the PVSCADA automatic monitoring program are presented. The generation schedule of the «Belozerka» PV power plant for a year is shown in Fig. 1 [5].

According to the official information of NESS Group LLC, which developed and implemented the «Belozerka» photovoltaic power plant project [5-8]: the land area of the photovoltaic plant is 19.9578 hectares; the installed capacity of the plant is 9,000 kW; total peak power of photovoltaic panels - 11,014.83 kW; photovoltaic panels RCM-330-6AM - 33 336 pcs; photovoltaic panels are installed on stationary supporting metal structures with an angle of inclination of 30°.

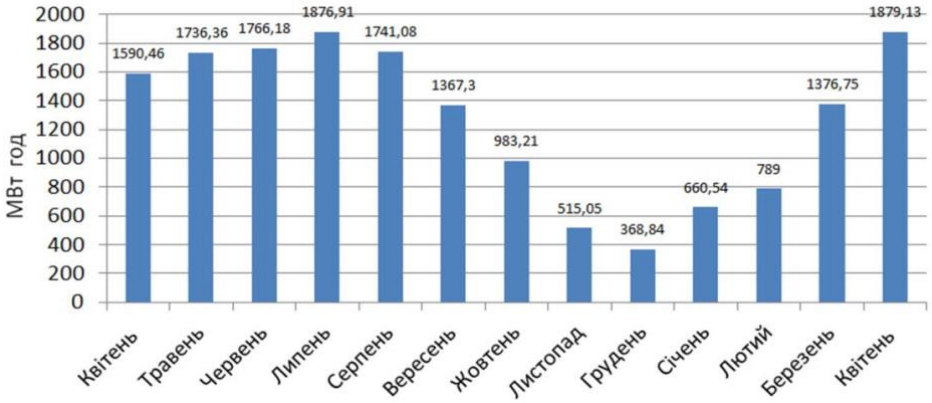


Fig. 1. Generation schedule of the «Belozerka» SPP [5]

An analysis of open information [5-8] showed that 9 PVIS.1000 inverter stations with two 500 kVA PCS-9563 inverters manufactured by NR Electric were installed at the «Bilozerka» PV power plant.

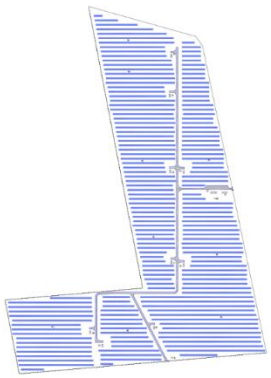
The PVIS.1000 building has a 0.315/10 kV transformer with a capacity of 1250 kVA [7]. Thus, the centralized inverters convert the power of the photovoltaic panels from DC to AC voltage, and the power transformer increases the voltage level to 10 kV. Power collection from PVIS.1000 is carried out by 10 kV radial trunk cable lines, which are switched to the 10 kV switchgear of the PV power plant [5,7].

The location of photovoltaic panels and inverter stations on the site plan was reconstructed from a satellite image of the «Bilozerka» PV power plant [6] (Fig. 2).

In the software packages PVsyst v7.2 and HelioScope, we developed projects for a grid-tied PV power plant similar to the parameters of the «Bilozerka» PV power plant (Fig. 3). The meteorological data on insolation of the Belozerka PV power plant area, which are necessary for modeling the plant's operation, were obtained from the available PVsyst v7.2 databases [3].



Fig. 2. Satellite image of the «Belozerka» PVPP site



a b

Fig.3. Report on modeling of PV power plant design: a - in HelioScope; b - in PVsyst v7.2

The calculation of the generation of a grid-tied PV power plant was performed in PVsyst v7.2 and HelioScope using the in-house element base of electrical equipment (inverter stations and photovoltaic panels) of these software packages.

HelioScope [4] was used to model the shading of a photovoltaic power plant. The heat map of the shading of photovoltaic panels is shown in Fig. 4.

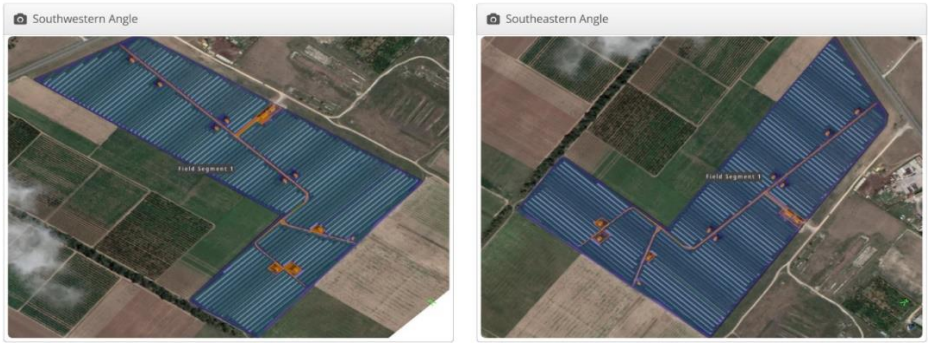


Fig. 4. Heat map of shading of photovoltaic panels, obtained by modeling in HelioScope

The parameters of the PV power plant used for simulation modeling in PVsyst v7.2 [3] are shown in Fig. 5.

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project :	**Grid-Connected Project at Bilozerka**				
Geographical Site		**Bilozerka**		Country	**Ukraine**
Situation		Latitude	46.63° N	Longitude	32.44° E
Time defined as		Legal Time	Time zone UT+2	Altitude	21 m
		Albedo	0.20		
Meteo data:		**Bilozerka**	Meteonorm 7.1 (1991-2010), Sat=100% - Synthetic		
Simulation parameters					
Collector Plane Orientation		Tilt	30°	Azimuth	0°
164 Sheds		Pitch	8.80 m	Collector width	4.10 m
Inactive band		Top	0.00 m	Bottom	0.00 m
Shading limit angle		Gamma	21.33 °	Occupation Ratio	46.6 %
Shadings electrical effect		Cell size	15.6cm	Strings in width	2
Models used		Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
Horizon		Free Horizon			
Near Shadings	Mutual shadings of sheds		Electrical effect		
PV Array Characteristics					
PV module	Si-mono	Model	**RCM-330-6MA_V2**		
Custom parameters definition		Manufacturer	RECOM		
Number of PV modules		In series	18 modules	In parallel	1852 strings
Total number of PV modules		Nb. modules	33336	Unit Nom. Power	330 Wp
Array global power		Nominal (STC)	**11001 kWp**	At operating cond.	9806 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	603 V	I mpp	16263 A
Total area		Module area	**65213 m²**	Cell area	57125 m²
Inverter		Model	**PCS-9563**		
Custom parameters definition		Manufacturer	NR		
Characteristics		Operating Voltage	500-850 V	Unit Nom. Power	500 kWac
Inverter pack		Nb. of inverters	18 units	Total Power	9000 kWac
PV Array loss factors					
Array Soiling Losses				Loss Fraction	2.0 %
Thermal Loss factor		Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	0.83 mOhm	Loss Fraction	2.0 % at STC
Module Quality Loss				Loss Fraction	0.0 %
Module Mismatch Losses				Loss Fraction	1.0 % at MPP
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Param.	0.05
System loss factors					
AC wire loss inverter to transfo		Inverter voltage	315 Vac tri		
		Wires: 3x15000.0 mm²	146 m	Loss Fraction	2.0 % at STC
External transformer		Iron loss (24H connexion)	10885 W	Loss Fraction	0.1 % at STC
		Resistive/Inductive losses	0.0 mOhm	Loss Fraction	0.0 % at STC

Fig. 5. Parameters of PVsyst v7.2 simulation modeling of a PV power plant [3].

The main parameters of RCM-330-6AM photovoltaic panels are shown in Table 1. The parameters of the panels are given for standard test conditions at a solar radiation intensity of 1000 W/m2 and a panel temperature of 25°C [3].

These parameters made it possible to determine the electrical parameters of the blocks of 18 panels connected in series: Pm = 5.940 kW, Vmp = 667.26 V, Imp = 157.86 A. The operating voltage of the string was obtained from the available PVsyst V7.2 databases. The value of the operating voltage of the string at a panel temperature of 50 °C is 603 V.

Table 1. Main parameters of photovoltaic panels of the type RCM-330-6AM (manufacturer RECOM) [3]

Name of the indicator	Value
Maximum power, $P_м$	330 W
Short circuit current, $I_к$	9,28 A
No-load voltage, $U_{хх}$	46,20 V
Voltage in maximum power output mode, $U_{мп}$	37,7 V
Current in the mode of maximum power output, $I_{мп}$	8,77 A
Module efficiency (efficiency)	16,9 %

In order to calculate the parameters of the components of a PV power plant, it is necessary to determine the forecast data of the PV power plant generation. According to the forecast made in PVsyst V7.2, the most productive period of the day is the daytime of June 16, 2021. In this work, we obtained the hourly power generation of a photovoltaic power plant and determined the maximum power in the i-th hour of the plant's operation: Pmax = 4689.45 kW, at t = 12:00.

The graph of power generation of a PV power plant on the most productive day, obtained by modeling in PVsyst V7.2 [3], is shown in Fig. 6.

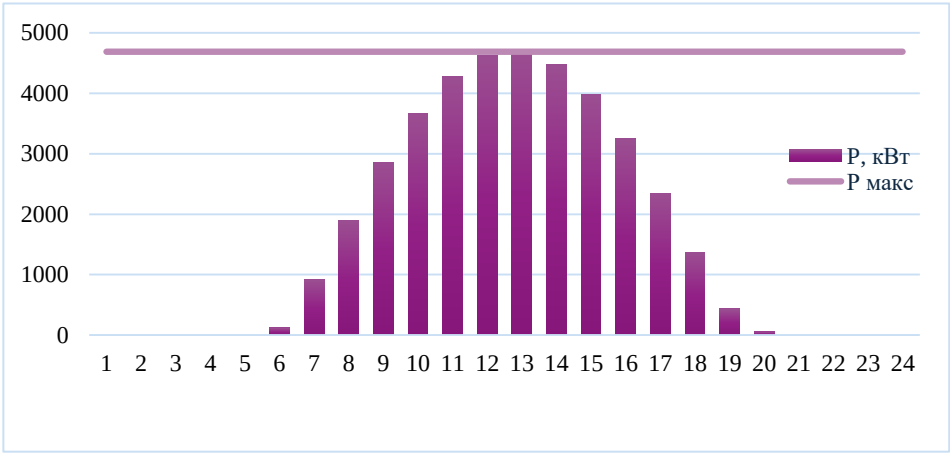


Fig. 6. PV power generation on the most productive day

The report on the simulation modeling of the grid-connected PV power plant in PVsyst V7.2 is shown in Fig. 7. According to its results, the estimated annual electricity generation of the PV power plant amounted to 14.116 million kWh.

As part of the modeling of a PV power plant, the structure of losses in the system is determined, which takes into account not only losses in inverters or cable networks (both DC and AC), but also losses due to shading or contamination of PV modules, or power reduction due to panel overheating. The sources of system losses of a PV power plant, obtained by modeling in PVsyst V7.2, are shown in Fig. 8.

Grid-Connected System: Main results

Project : **Grid-Connected Project at Bilozerka**

Simulation variant : **New simulation variant**

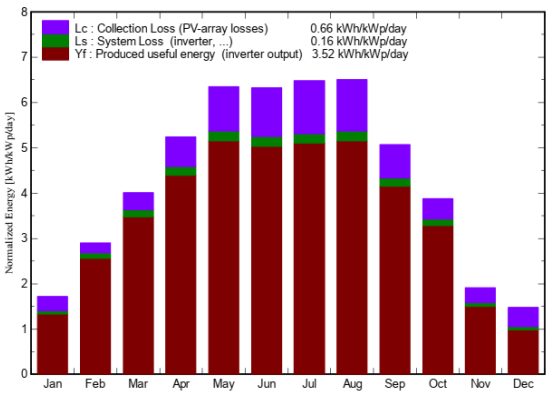
Main system parameters	System type	**Grid-Connected**		
PV Field Orientation	Sheds disposition, tilt	30°	azimuth	0°
PV modules	Model	RCM-330-6MA_V2	Pnom	330 Wp
PV Array	Nb. of modules	33336	Pnom total	**11001 kWp**
Inverter	Model	PCS-9563	Pnom	500 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	18.0	Pnom total	**9000 kW ac**
User's needs	Unlimited load (grid)			

Main simulation results

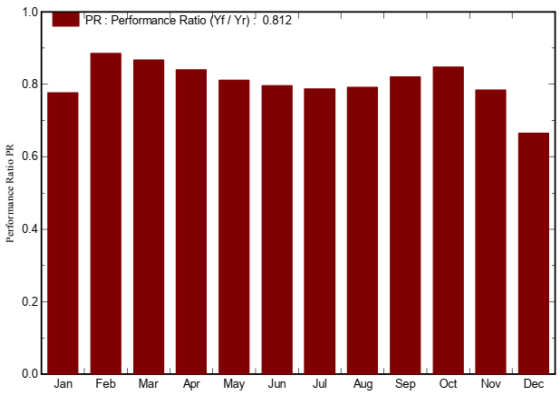
System Production — **Produced Energy** **14116 MWh/year** Specific prod. 1283 kWh/kWp/year

Performance Ratio PR 81.21 %

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 11001 kWp



Performance Ratio PR



New simulation variant

Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
January	33.5	-1.60	53.1	46.8	480	453	13.88	13.10
February	55.8	-0.92	81.2	74.4	827	790	15.61	14.93
March	97.3	4.33	124.3	114.7	1238	1186	15.28	14.63
April	140.2	10.43	157.2	144.5	1513	1452	14.75	14.16
May	190.9	16.78	196.9	181.3	1832	1758	14.27	13.69
June	192.9	20.44	189.6	173.9	1731	1661	14.00	13.44
July	200.3	23.99	201.0	184.9	1811	1739	13.82	13.27
August	182.3	23.27	201.7	186.8	1831	1756	13.92	13.35
September	121.9	17.01	151.9	140.5	1430	1372	14.43	13.85
October	81.9	11.09	120.0	111.0	1168	1119	14.93	14.30
November	37.4	5.03	57.3	51.0	523	494	13.99	13.23
December	28.2	0.31	45.9	39.1	358	336	11.97	11.21
Year	1362.4	10.92	1580.1	1448.9	14742	14116	14.31	13.70

Legends:
GlobHor — Horizontal global irradiation
T Amb — Ambient Temperature
GlobInc — Global incident in coll. plane
GlobEff — Effective Global, corr. for IAM and shadings
EArray — Effective energy at the output of the array
E_Grid — Energy injected into grid
EffArrR — Effic. Eout array / rough area
EffSysR — Effic. Eout system / rough area

Fig. 7. Report on the simulation modeling of the grid PVsyst V7.2 [3]

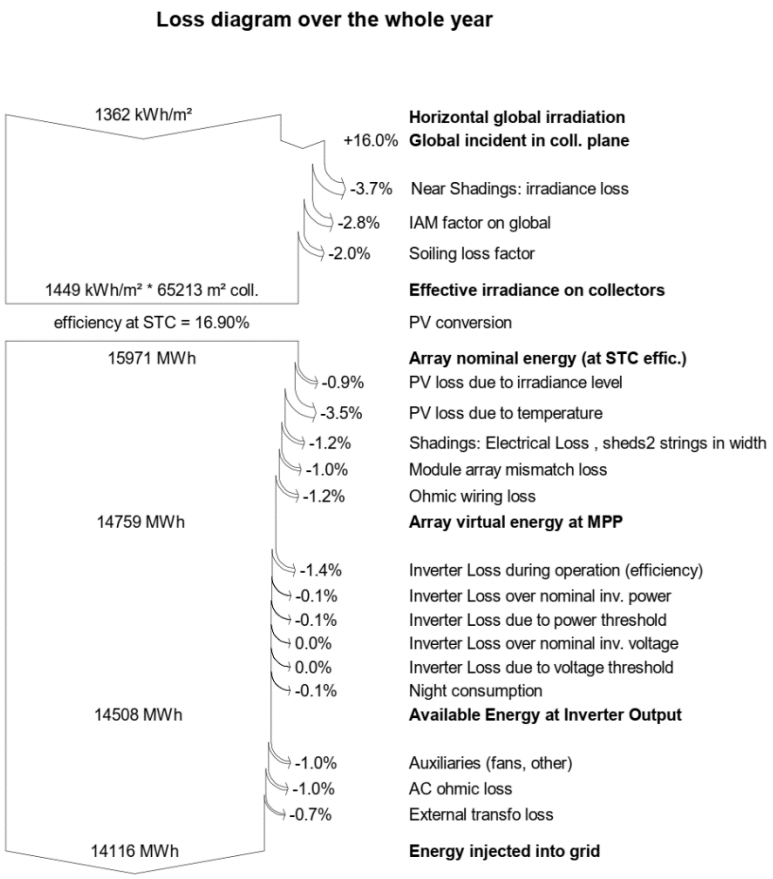


Fig. 8. Sources of system losses of a PV power plant during the year, obtained by modeling in PVsyst V7.2

The sources of system losses of a photovoltaic power plant obtained by modeling in HelioScope are shown in Fig. 9.

The report on the simulation of the operation of a grid-tied photovoltaic power plant in HelioScope is shown in Fig. 10.

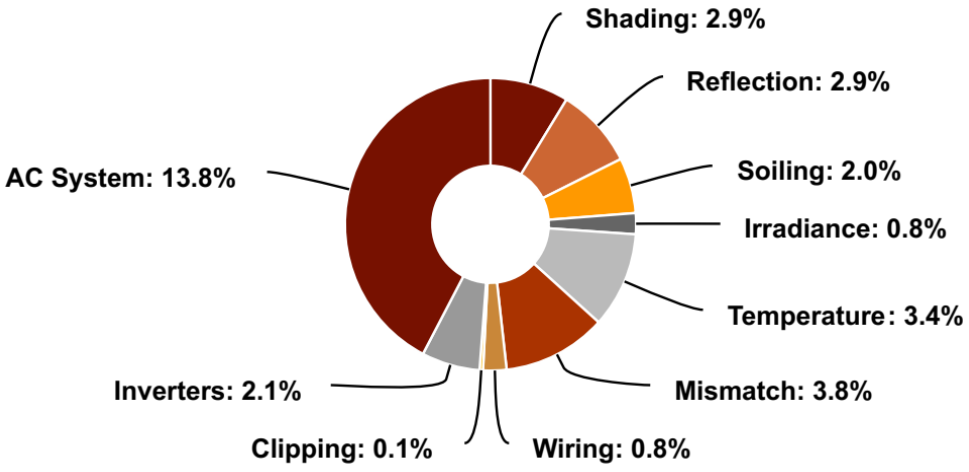
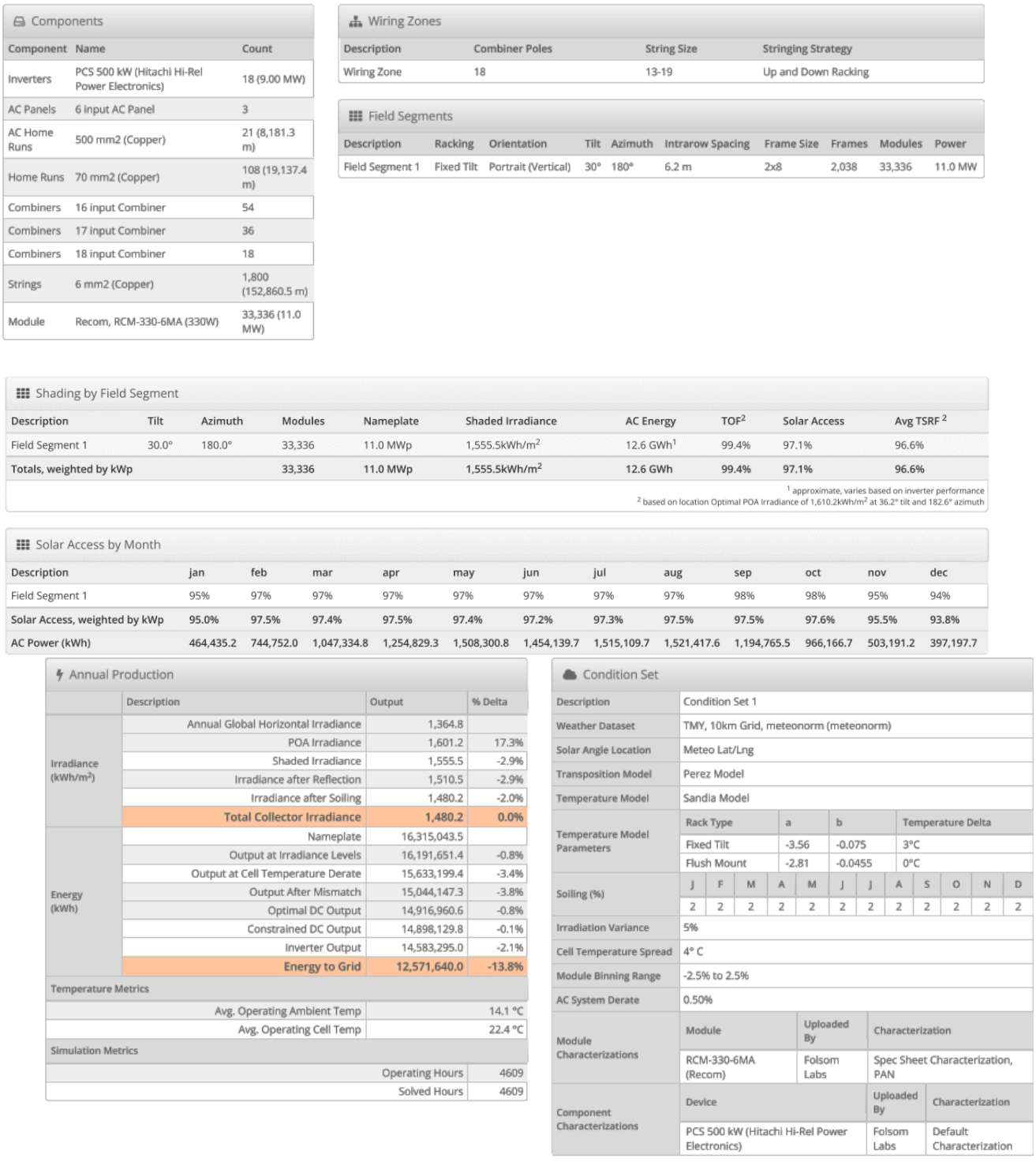


Fig. 9. Sources of system losses of a photovoltaic power plant obtained by modeling in HelioScope



Components

Component	Name	Count
Inverters	PCS 500 kW (Hitachi Hi-Rel Power Electronics)	18 (9.00 MW)
AC Panels	6 input AC Panel	3
AC Home Runs	500 mm2 (Copper)	21 (8,181.3 m)
Home Runs	70 mm2 (Copper)	108 (19,137.4 m)
Combiners	16 input Combiner	54
Combiners	17 input Combiner	36
Combiners	18 input Combiner	18
Strings	6 mm2 (Copper)	1,800 (152,860.5 m)
Module	Recom, RCM-330-6MA (330W)	33,336 (11.0 MW)

Wiring Zones

Description	Combiner Poles	String Size	Stringing Strategy
Wiring Zone	18	13-19	Up and Down Racking

Field Segments

Description	Racking	Orientation	Tilt	Azimuth	Intrarow Spacing	Frame Size	Frames	Modules	Power
Field Segment 1	Fixed Tilt	Portrait (Vertical)	30°	180°	6.2 m	2x8	2,038	33,336	11.0 MW

Shading by Field Segment

Description	Tilt	Azimuth	Modules	Nameplate	Shaded Irradiance	AC Energy	TOF[2]	Solar Access	Avg TSRF [2]
Field Segment 1	30.0°	180.0°	33,336	11.0 MWp	1,555.5kWh/m^2	12.6 GWh[1]	99.4%	97.1%	96.6%
Totals, weighted by kWp			**33,336**	**11.0 MWp**	**1,555.5kWh/m^2**	**12.6 GWh**	**99.4%**	**97.1%**	**96.6%**

[1] approximate, varies based on inverter performance
[2] based on location Optimal POA Irradiance of 1,610.2kWh/m^2 at 36.2° tilt and 182.6° azimuth

Solar Access by Month

Description	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
Field Segment 1	95%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%	98%	98%	95%	94%
Solar Access, weighted by kWp	**95.0%**	**97.5%**	**97.4%**	**97.5%**	**97.4%**	**97.2%**	**97.3%**	**97.5%**	**97.5%**	**97.6%**	**95.5%**	**93.8%**
AC Power (kWh)	**464,435.2**	**744,752.0**	**1,047,334.8**	**1,254,829.3**	**1,508,300.8**	**1,454,139.7**	**1,515,109.7**	**1,521,417.6**	**1,194,765.5**	**966,166.7**	**503,191.2**	**397,197.7**

Annual Production

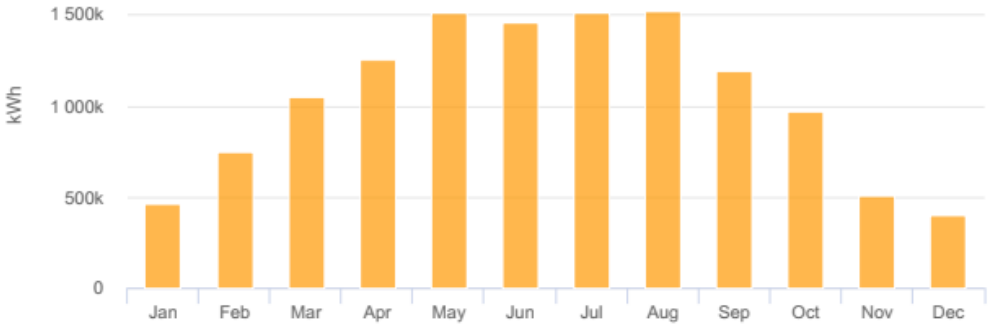
	Description	Output	% Delta
Irradiance (kWh/m^2)	Annual Global Horizontal Irradiance	1,364.8	
	POA Irradiance	1,601.2	17.3%
	Shaded Irradiance	1,555.5	-2.9%
	Irradiance after Reflection	1,510.5	-2.9%
	Irradiance after Soiling	1,480.2	-2.0%
	Total Collector Irradiance	**1,480.2**	**0.0%**
Energy (kWh)	Nameplate	16,315,043.5	
	Output at Irradiance Levels	16,191,651.4	-0.8%
	Output at Cell Temperature Derate	15,633,199.4	-3.4%
	Output After Mismatch	15,044,147.3	-3.8%
	Optimal DC Output	14,916,960.6	-0.8%
	Constrained DC Output	14,898,129.8	-0.1%
	Inverter Output	14,583,295.0	-2.1%
	Energy to Grid	**12,571,640.0**	**-13.8%**
Temperature Metrics			
	Avg. Operating Ambient Temp		14.1 °C
	Avg. Operating Cell Temp		22.4 °C
Simulation Metrics			
	Operating Hours		4609
	Solved Hours		4609

Condition Set

Description	Condition Set 1											
Weather Dataset	TMY, 10km Grid, meteonorm (meteonorm)											
Solar Angle Location	Meteo Lat/Lng											
Transposition Model	Perez Model											
Temperature Model	Sandia Model											
Temperature Model Parameters	Rack Type	a	b	Temperature Delta								
	Fixed Tilt	-3.56	-0.075	3°C								
	Flush Mount	-2.81	-0.0455	0°C								
Soiling (%)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Irradiation Variance	5%											
Cell Temperature Spread	4° C											
Module Binning Range	-2.5% to 2.5%											
AC System Derate	0.50%											
Module Characterizations	Module	Uploaded By	Characterization									
	RCM-330-6MA (Recom)	Folsom Labs	Spec Sheet Characterization, PAN									
Component Characterizations	Device	Uploaded By	Characterization									
	PCS 500 kW (Hitachi Hi-Rel Power Electronics)	Folsom Labs	Default Characterization									

Fig. 10. Report on the simulation modeling of the network photovoltaic station in HelioScope [4]

During the HelioScope simulation [4], the average value of electricity generation by a PV power plant to the grid during the year was determined, taking into account system losses in the system components. The generation of a photovoltaic power plant during the year is shown in Fig. 11.



Month	GHI (kWh/m²)	POA (kWh/m²)	Shaded (kWh/m²)	Nameplate (kWh)	Grid (kWh)
January	33.4	54.7	51.9	543,745.6	464,435.2
February	55.7	86.1	84.0	881,846.6	744,752.0
March	97.4	125.5	122.3	1,284,342.5	1,047,334.8
April	140.9	158.9	154.9	1,624,196.7	1,254,829.3
May	191.3	198.1	193.0	2,023,541.3	1,508,300.8
June	193.5	192.0	186.5	1,952,943.7	1,454,139.7
July	200.9	203.0	197.6	2,071,735.7	1,515,109.7
August	182.3	202.8	197.7	2,075,934.9	1,521,417.6
September	122.2	152.1	148.3	1,554,968.2	1,194,765.5
October	81.7	117.6	114.8	1,205,985.2	966,166.7
November	37.3	62.3	59.5	623,289.6	503,191.2
December	28.3	48.1	45.1	472,513.5	397,197.7

Fig. 11. Report on simulation modeling of photovoltaic power plant generation in HelioScope [4]

Comparison of the amount of electricity generated by the real «Belozerka» PV power plant with the results of simulation modeling of the grid-connected PV power plant in the HelioScope and PVsyst software systems is shown in Table 2.

Table 2: Amount of electricity generated to the grid, MWh/month

Month	HelioScope	PVsyst	PV power plant «Belozerka» [5]
January	464,5	453,0	660,5
February	744,8	790,0	789,0
March	1 047,5	1 186,0	1 376,8
April	1 255,0	1 452,0	1 590,5
May	1 508,4	1 758,0	1 736,4
June	1 454,3	1 661,0	1 766,2
July	1 515,3	1 739,0	1 876,9
August	1 521,6	1 756,0	1 741,1
September	1 194,9	1 372,0	1 367,3
October	966,3	1 119,0	983,2
November	386,0	494,0	515,1
December	397,3	336,0	368,8
Total for the year, MWh/year	12 455,9	14 116,0	14 771,8

Conclusion

The analysis showed that the simulation of the operation of a grid-connected PV power plant in the PVsyst software package is more accurate than HelioScope, which can be explained by the strong dependence of the simulation results, in particular, system losses in HelioScope, on the spatial location of the main equipment of the PV power plant.

Due to the much smaller library of PV system components, the HelioScope software package has higher system losses, in particular in AC circuits. The developers of the HelioScope software package explain this fact by the uncertainty of the transformation section and (so far) inconsistency with the general grid, while the PVsyst software package specifies the parameters of the general grid at the beginning of the simulation.

The amount of electricity actually generated to the grid by the «Bilozerka» PV power plant during this period slightly exceeds the value obtained by simulation modeling in PVsyst, which can be explained by significant climate change and the peculiarity of simulation modeling using the average monthly (by seasons) and average annual solar radiation value determined by averaged long-term data.

Bibliography

1. Renewable energy sources in electrical distribution networks: monograph / P.D. Lezhnyuk, O.A. Kovalchuk, O.V. Nikitorovych, V.V. Kulyk - Vinnytsia: VNTU, 2014. - 204 p.
2. Optimization of the functioning of integrated power supply systems for consumers: monograph / Y.A. Veremiychuk, V.P. Opryshko, I.V. Prytyshach, O.S. Yarmolyuk - Kyiv: Kyi Publishing House, 2020. 186 p.
3. PVsyst photovoltaic software. http://www.pvsyst.com
4. HelioScope. https://www.helioscope.com/projects/2831147/reports
5. Nesterenko B.B. Study of the generation of industrial photovoltaic power plants in different regions of Ukraine / B.B. Nesterenko, D.M. Stepanchykov // Proceedings of the Fifth All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Actual Problems of Modern Energy", Kherson, Kherson National Technical University, May 20-22, 2020 - Kherson: Resnik, 2020, pp. 132-135.
6. Industrial PV projects. https://kness.energy/promislovi-fes/
7. KNESS: Power equipment. https://kness.energy/virobnictvo/
8. Andrii Hordieiev: "Kherson region is developing solar energy" https://khersonline.net/novosti/ekonomika/ 85619-andry-gordyeyev-hersonschina-rozvivaye-sonyachnu-energetiku.html

УДОСКОНАЛЕННЯ РЕЖИМІВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Дробот О.С., Нестер А.А., Нікітін О.О. Підгайчук С.Я.. Яворська Н.М.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. Війна розв'язана Російською державою проти незалежної України поставила нові складні задачі суспільству з виробництва та виконання ремонту пошкодженої військової техніки. В умовах нестачі військової техніки виконання ремонтів стає задачею, яку необхідно виконувати швидко та якісно для поповнення збройних сил держави.
Технічне переозброєння армії, бойові дії на Сході України вимагають від держави уважного ставлення та розвитку військово - промислових виробництв, здатних відремонтувати та виготовити зразки сучасного надійного озброєння.
В таких скрутних умовах повинні застосовуватись методи прогресивних та обладнання швидкісних обробок. Проте нові виробництва, нажаль, ще не в достатній мірі оснащені сучасним обладнанням, матеріалами та технологіями для виготовлення якісної продукції, що відповідає нормативним вимогам. Для задоволення цих вимог для виготовлення деталей з високими експлуатаційними властивостями необхідно впроваджувати у виробництво нові матеріали та сучасні технології їх обробки.
Матеріали для корпусних деталей вогнепальної зброї за своїми характеристиками задовольняють вимогам нормативних документів. Однак, недосконалість технологічних процесів виготовлення з них заготовок та подальше зміцнення вже готових виробів вимагає суттєвого покращення.
Основними способами зміцнення деталей машин є термічна обробка деталей, хіміко-термічна обробка (цементація, азотування, нітроцементація), поверхневе пластичне деформування, нанесення електролітичних покриттів та поверхневе гартування – лазерне та індукційне з використанням струму високої частоти. Процеси термічної обробка деталей є простими і в ремонтному виробництві у військовий час можуть стати актуальними. Сучасні мобільні ремонтні майстерні віддають перевагу обладнанню та інструментам, які не є металоємкими та здатні виконувати технологічні процеси за відносно короткий проміжок часу. Найдоцільнішим в даний час є впровадження технологічних процесів з невеликим об'ємом та переліком допоміжних пристосувань та установок.
Робота присвячена пошуку режимів термічної обробки деталей з середньо вуглецевих легованих сталей для формування підвищеної в'язкості та міцності.
Ключові слова: Термічна обробка, структура, охолоджуюче середовище.

Вступ.

Активізація військових подій на Сході України змусили керівництво країни ставити питання відновлення роботи військово - промислового комплексу для налагодження ремонту та випуску вітчизняного озброєння. Проте нові виробництва, нажаль, не в достатній мірі оснащені сучасним обладнанням, матеріалами та технологіями для виготовлення якісної продукції, що відповідає нормативним вимогам. Тому питанням підвищення якості військової техніки шляхом покращення експлуатаційних властивостей корпусних деталей спеціального призначення за рахунок удосконалення режимів термічної обробки зараз приділяють значну увагу.

Виклад основного матеріалу.

Предметом досліджень - є удосконалення режимів термічної обробки елементів зарядного (пускового) механізму, який має недостатній ресурс роботи.

Задача і мета досліджень: провести аналіз існуючої технології термічної обробки елементів пускового механізму вогнепальної зброї, розробити режими відпалу та гартування, які б забезпечили формування заданої структури з необхідними високими показниками міцності.

На рис.1 показані фрагменти зруйнованих елементів зарядного (пускового) механізму гармати.

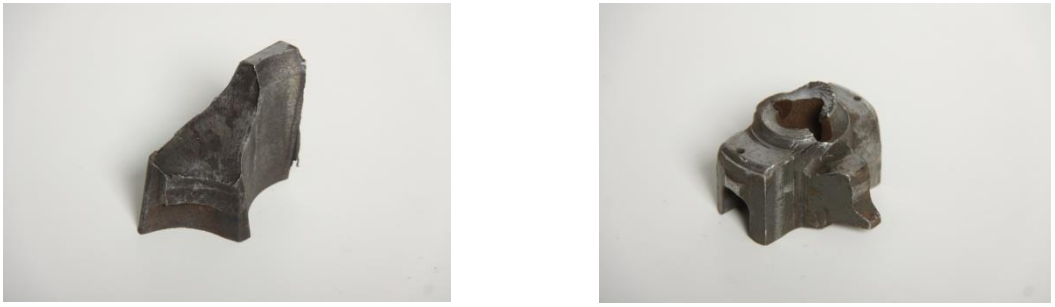


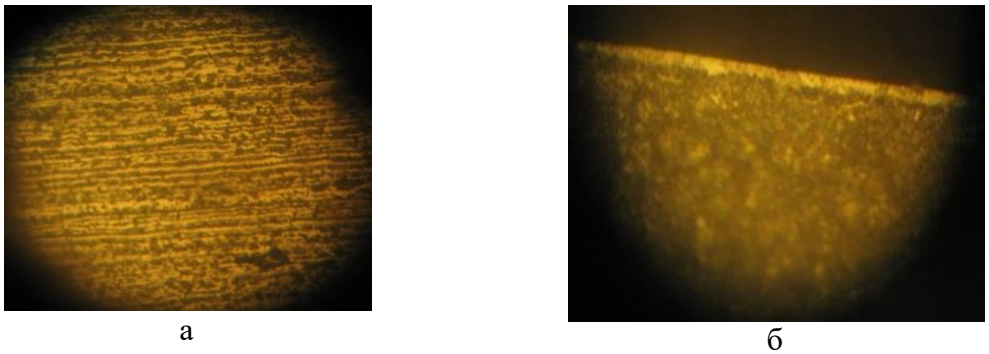
Рис.1. Фрагменти зруйнованих елементів зарядного (пускового) механізму гармати

Сталі для елементів вогнепальної зброї переважно легують хромом, нікелем. молібденом, ванадієм та піддають термічній обробці для покращення властивостей - гартуванню і високому відпуску.

Дослідженням були піддані зруйновані елементи зарядного (пускового) механізму гармати. В ході досліджень визначено хімічний склад зразків та виконано мікроструктурний аналіз. Дослідження дозволило зробити висновок, що для виготовлення деталей використана сталь марки 35ХН2МФА, яка застосовується для виготовлення валів, цільнокованих роторів, дисків, деталей редукторів, болтів, шпильок та інших відповідальних деталей турбін [1].

В процесі досліджень з'ясовано, що на виробництво деталей використовуються заготовки та листовий прокат, які постачаються з важливими структурними недоліками, які в значній мірі впливають на формування експлуатаційних властивостей готових виробів: це насамперед строкатість, яка є наслідком попередніх технологічних процесів таких як прокатування, витяжка, термічна обробка, а також зневуглецювання поверхневого шару різної товщини.

На рис.2 представлена структура сталі 30ХГСА в стані постачання.



а б

Рис.2. Структура сталі 30ХГСА в стані постачання (а) та поверхня із зневуглецьованим шаром (б)

Наявність цих дефектів не дає можливості одержати деталі з високими експлуатаційними властивостями. Причини утворення строкатості закладені на стадії одержання сталі (наявності сильної первинної ліквації). Ліквація проявляється як неоднорідний розподіл супутніх домішок (в литих металах) або легуючих елементів і домішок (у ливарних сплавах). Зумовлюється відтисненням хімічних елементів у рідку

фазу рухомим фронтом кристалізації. На формування цієї структури впливає також термічна обробка. Так, при проведенні відпалу повільне охолодження від температури аустенізації сприяє тому, що виділення доевтектоїдного фериту орієнтуються по зонам ліквації, які витягнуті в напрямку деформації. Строкатість дуже сильно впливає на механічні властивості сталі, особливо на ударну в'язкість, яка є чутливою до гетерогенності структури. Термічно оброблені згідно прийнятої на заводі технології деталі зберігають строкатість структури (рис.3). Це свідчить про те, що усунути строкатість традиційним гартуванням та високим відпуском неможливо [2].

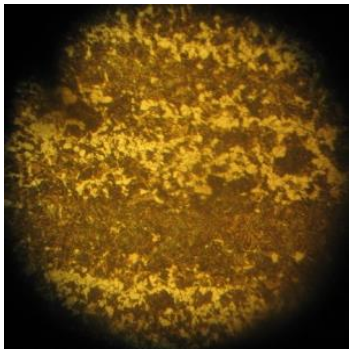


Рис. 3. Строката структура сталі після гартування за традиційною технологією

Тому у технологічний процес термічної обробки заданих деталей внесено операції дифузійного відпалу та нормалізації. Дифузійний відпал проведено за режимом: t нагрівання 1100°С, витримка 3 години, охолодження з піччю. Нормалізація - температура нагрівання 860°С з метою не допустити значного росту зерна аустеніту та одержання після охолодження більш дрібнозернистої структури. Проведення вищеописаної обробки (дифузійного відпалу та нормалізації) забезпечило усунення строкатості та подрібнення структури (фото 4). Структура характеризується рівномірним розподілом структурних елементів [3].

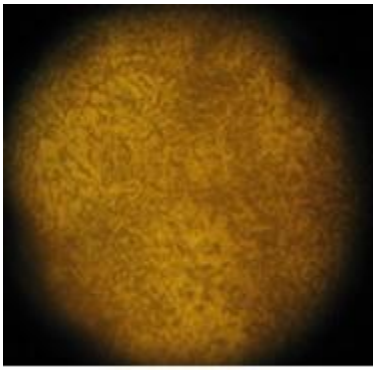


Рис. 4. Структура сталі 35ХН2МФА після термічної обробки за запропонованим режимом

Значна увага авторами приділена вивченню процесу охолодження при виконанні операції гартування. Для гартування зразків використано водорозчинне полімерне охолоджуюче середовище ПК -2. Основою водополімерного середовища є полімер акрилової кислоти (ПАК). Вихідний полімер одержують у вигляді концентрованого водного розчину з водневим показником середовища pH в межах 7-10. Робочий розчин розводять водою у співвідношенні 1:7.

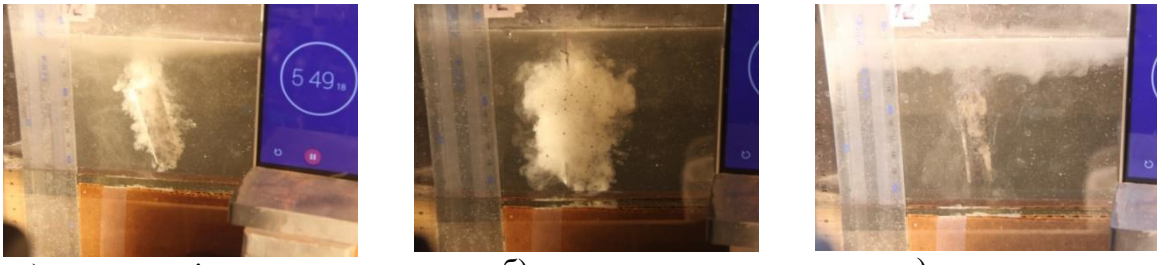
Завдяки використанню нових охолоджуючих середовищ на основі полімерної складової та використання швидкісної відео зйомки, вдалось скорегувати етап охолодження при виконанні операції гартування для отримання кращих результатів. Одержані після гартування структури мають більш дрібнозернисту структуру і вищі показники міцності. Показники твердості сталі після гартування наведені в табл.1.

Табл. 1. Твердість сталей після гартування в різних середовищах.

Марка сталі	Твердість HRC			
	Охолоджуюче середовище ПК -2.			
	Масло		Водополімерна суміш ПК -2	
	На поверхні	В серцевині	На поверхні	В серцевині
35ХН2МФА	52, 54, 52	40, 42, 44	54, 56, 56	42, 44, 46

Після гартування та охолодженні в водополімерній суміші ПК -2 досягнута ударна в'язкість в маслі 112 Дж/см^2 та в полімері 118 Дж/см^2. Шорсткість поверхні склала Ra 1,6 мкм.

Процес гартування та охолодження фіксувався за допомогою швидкісної відео зйомки та представлений на рис. 5 [4].



а) момент плівкового кипіння

б) момент бульбашкового кипіння

в) момент конвективного теплообміну

Рис. 5. Поведінка охолоджуючого водополімерного ПК -2 середовища при охолоджені в ньому зразків сталі

Результати представлені в табл..1 та розшифровки відео (рис. 5) процесу гартування та оходження при гартуванні, знятого з допомогою швидкісної відеозйомки дозволили зробити висновки, що використання в якості охолоджуючого середовища водополімерного розчину сприяє покращенню прогартовуваності сталі та збільшенню твердості.

Структура сталі 35ХН2МФАпісля охолодження в різних середовищах наведена рис.6, 7.

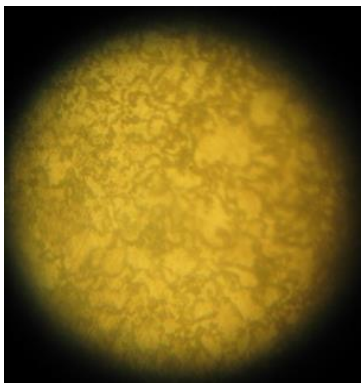


Рис.6. Структура сталі 35ХН2МФАпісля охолодження

в маслі

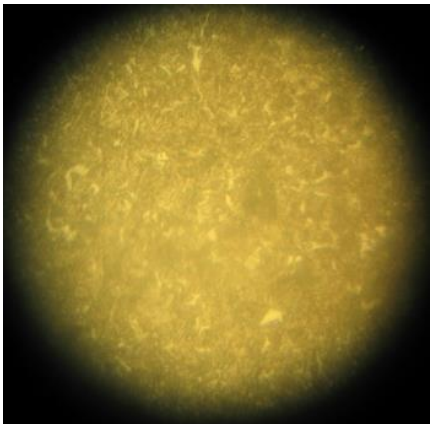


Рис.7. Структура сталі 35ХН2МФА після охолодження в полімері

Висновки

Одержані після гартування структури мають більш однорідну структуру з дрібними структурними складовими та вищі показники міцності (рис.6,7). При охолоджені у водополімерному розчині покращується загартовуваність та прогартовуваність сталі. Отже, водополімерні суміші є кращими охолоджуючими середовищами, ніж вода та масло, так як скорочується етап плівкового кипіння, а етап бульбашкового кипіння відбувається за активною дією полімера, який зриває парову сорочку з поверхні деталі, пришвидшуючи її охолодження.

Проведені експерименти дозволять внести корективи в технологічні процеси виконання термічної обробки елементів вогнепальної зброї з метою підвищення її експлуатаційних властивостей.

Література.

1. Криль Я. А., Геворкян Е. С., Луцак Д. Л. [2014]. Матеріалознавство. Сталь: класифікація, виробництво, споживання, маркування : навч. посіб. Львів :«Новий Світ -2000», 267 с.
2. Дробот О.С., Підгайчук С.Я., Боровик Л.В. [2019].Технологія конструкційних матеріалів і основи матеріалознавства в технічних системах охорони державного кордону : навчальний посібник. Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 264 с.
3. Попович В.В., Кондир А.І., Плешаков Е.І. та ін [2009]. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Практикум: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. за напрямом «Інж. механіка»].— Львів : Світ,— 551 с.— ISBN 978-966-603-401-7
4. Ройзман В.П., Чоловський Р.Г., Нікітін О.О. [2002]. Спосіб безконтактного вимірювання параметрів вібрацій та визначення форми коливань об’єктів. Деклараційний патент на винахід. Бюл. № 8 від 15.08 2002.

ОБЛАДНАННЯ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА СКЛАДУ ВОДИ ДЛЯ ТЕПЛОМЕРЕЖ

Душенко О. С., Ткачук В. П.
Хмельницький національний університет, Украина

Аннотація. Для обладнання котелень найбільш небезпечна вода з високим вмістом розчинених забруднювачів, а саме, солей жорсткості, таких як солі кальцію і магнію. Одне з властивостей солей жорсткості визначається їх здатністю осідати й утворювати на внутрішніх поверхнях обладнання шар накипу. У свою чергу, накип сприяє зниженню теплопровідності металів, і тоді щоб досягти потрібних результатів роботи котельні, необхідно значно збільшити витрату електроенергії. Єдиний метод, що дозволяє на сьогоднішній день ефективно запобігати утворенню накипу, полягає в попередньому очищенні води від розчинених домішок, що містяться в ній. Запропоновано для підвищення якості та складу води, яка поступає з муніципального водопостачання, артезіанських свердловин і водойм, перед фільтруванням та деаерацією води проводити попередньо її оброблення гідрокавітацією та магнітним полем з метою пом'якшення та зміни властивостей. Сутність роботи запропонованого обладнання полягає в тому, що вплив звукової гідрокавітації та змінного за напрямом магнітного поля на воду зводиться до єдиного процесу – розщепленню молекул води у кавітаційній порожнині на активні радикали. Запропоновано конструкцію обладнання у якому поєднано кавітаційний та магнітний вплив на воду та зворотно-поступальний рух рідини крізь насадок із виникнення кавітаційного процесу.
Ключеві слова. Підготовка води для котелень, кавітаційно-магнітна обробка, зміна складу води та властивостей .

Термін служби обладнання котелень багато в чому залежить від фізичних і хімічних властивостей води. Низька якість води, а також відсутність необхідного контролю та хімічної корекції води в теплових мережах, пароконденсатних трактах і котлах сприяють утворенню накипу, кисневої та вуглекислотної корозії. В результаті відбувається зниження теплопередачі, забивання устаткування і зменшення терміну його служби, зниження рентабельності і навантаження, збільшення частоти простоїв.

Для обладнання котелень найбільш небезпечна вода з високим вмістом розчинених забруднювачів, а саме, солей жорсткості, таких як солі кальцію і магнію. Одне з властивостей солей жорсткості визначається їх здатністю осідати й утворювати на внутрішніх поверхнях обладнання шар накипу. У свою чергу, накип сприяє зниженню теплопровідності металів, і тоді щоб досягти потрібних результатів роботи котельні, необхідно значно збільшити витрату електроенергії. Єдиний метод, що дозволяє на сьогоднішній день ефективно запобігати утворенню накипу, полягає в попередньому очищенні води від розчинених домішок, що містяться в ній.

У водах з підземних джерел зазвичай підвищений вміст іонів заліза, що також може бути і у водопровідній воді в результаті корозії труб. Велика концентрація іонів заліза сприяє заростанню осадку в мембрані, внаслідок чого необхідна частіша кислотна промивка, яка зменшує термін їх служби.

Розроблення конструкції обладнання підвищення ефективності попередньої магнітно-кавітаційної підготовки води котелень для зменшення утворенню накипу, кисневої та вуглекислотної корозії в теплових мережах та підвищення теплопередачі системи є актуальною науково-технічною задачею.

Одним із визнаних багатообіцяючих нетрадиційних методів є гідродинамічна кавітація (ГК), яка була пов’язана виключно з інженерними проблемами, такими як шум, вібрація та кавітаційна ерозія (індикатори зниження ефективності машини). Проте в останнє десятиліття ГК була широко визнана як можливий метод очищення стічних вод

завдяки ефективному руйнуванню складних органічних хімічних речовин, нехімічній природі, хорошій сумісності з іншими прогресивними процесами окислення, простоті експлуатації, чудовому створенню необхідної інтенсивності кавітації. [1-3].

Дослідженнями [4] показано вплив змінного магнітного поля на проходження різних хімічних реакцій та зміну властивостей води та її складу також на теперішній час існують інноваційні способи та конструкції для магнітної обробки рідини, реструктуризації та очищення рідини [5-6].

Виходячи з аналізу останніх досліджень запропоновано для підвищення якості та складу води, яка поступає з муніципального водопостачання, артезіанських свердловин і водойм, перед фільтруванням та деаерацією води проводити попередньо її оброблення гідрокавітацією та магнітним полем з метою пом'якшення та зміни властивостей.

Сутність роботи запропонованого обладнання полягає в тому, що вплив звукової гідрокавітації та змінного за напрямом магнітного поля на воду зводиться до єдиного процесу – розщепленню молекул води у кавітаційній порожнині на активні радикали.

Дія звукового поля на речовини, що проникають у кавітаційну порожнину, є безпосередньою прямою, причому дія активних газів O_2, H_2 беруть участь у реакціях трансформування радикалів, а N_2 - у газових звукохімічних реакціях, кінцевим результатом яких є фіксація азоту.

При сплескуванні кавітаційного пухирця в розчин переходять радикали H^+ , OH^- , іони й електрони малої енергії, що утворилися в газовій фазі при розщепленні молекули H_2O, а також метастабільні збуджені молекули H_2O.

Для підвищення ефекту розщеплення молекул води введено в запропоноване устаткування додатковий пристрій для омагнічування потоку рідини. Велике значення має довжина зон впливу магнітних полів на потік рідини, а також індукція магнітного поля. Внаслідок цього виникає асиметрія коливань, енергія водневих зв’язків змінюється, відбувається їх частковий розрив, що спричиняє зміну взаємного розміщення молекул, а отже, і структури води. Під дією магнітного поля перш за все розриваються слабкі “довгі” зв’язки. Практично у всіх конструкціях апаратів, призначених для магнітної обробки води, магнітне поле змінюється від нуля, або від близької до нуля величини і до певного оптимального значення. Тому поміж полюси постійного магніту було поміщено вставку, яка складалася з конусоподібних магнітопроводів, поміж яких проходить трубка з водою (Рис. 1). Завдяки такій будові феромагнітної вставки, магнітне поле концентрується у вершині конуса і його індукція досягає максимуму. Таким чином, розчин перетинає вузькі зони магнітного поля з максимальною індукцією на фоні постійного поля з низькою індукцією.

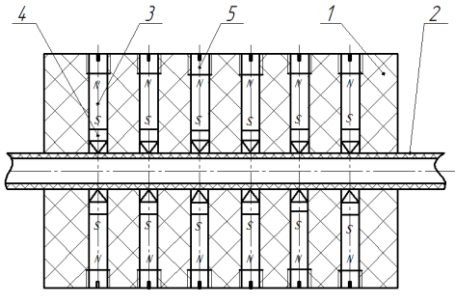


Рис. 1 – Схема встановлення постійних магнітів з конусною вставкою:
1 – корпус; 2 – трубка; 3 – постінний магніт; 4 – конусна вставка; 5 - гвинт

Значний вплив на зміну властивостей вод та її склад також дає циклічна гідрокавітація у вібраційних машинах при зворотно-поступальному руху рідини крізь насадок [7].

Виходячи з аналізу попередніх досліджень, патентного обзору способів та конструкцій пристроїв для очищення, помякшення і зміни властивостей води було запропоновано поєднати можливості гідрокавітаційної та магнітної обробки води для котелень та створити технологічне обладнання для попередньої її підготовки.

Принципова схема обладнання магнітно-кавітаційної підготовки води для тепломереж представлена на кресленику рис. 2. У конструкції обладнання поєднано кавітаційний та магнітний вплив на воду та зворотно-поступальний рух рідини крізь насадок із виникнення кавітаційного процесу.

Обладнання магнітно-кавітаційної підготовки води містить: основу 1 на якій встановлено електродвигун з насосом 3. На виході з насосу встановлено трійник 4 на якому вкручено кулькові крани 5,6 для регулювання процесу виникнення кавітації у статичному кавітаторі 7, який з'єднаний трубопроводом з блоком постійних магнітів 8. Трубопровід 9 з блока постійних магнітів 8 подає воду у бак 10. Трубопровід 11 з'єднаний з баком 10 та входом у насос та призначений для забору води 15 з бака 10. Трубопровід 12 з'єднано через трійник 4 та кран 6 з баком 10 для зливу води 15 та регулювання тиску у кавітаторі 7. До баку 10 у нижній частині приєднано з допомогою трубопроводу 13 поршневий кавітатор 14 ексцентрикового типу.

Обладнання магнітно-кавітаційної підготовки води працює наступним чином. Вода 15 заливається у бак 10 після чого включається електродвигун 2 який приводить у дію насос 3. Вода 15 крізь трійник 4 поступає у магістралі та регулюється кранами 5,6 для досягнення кавітаційного процесу у статичному кавітаторі 7, перетікаючи крізь блок постійних магнітів 8 та трубопроводом 9 подається у бак 10. Надлишок води 15 крізь трубопровід 12 вертається у бак 10.

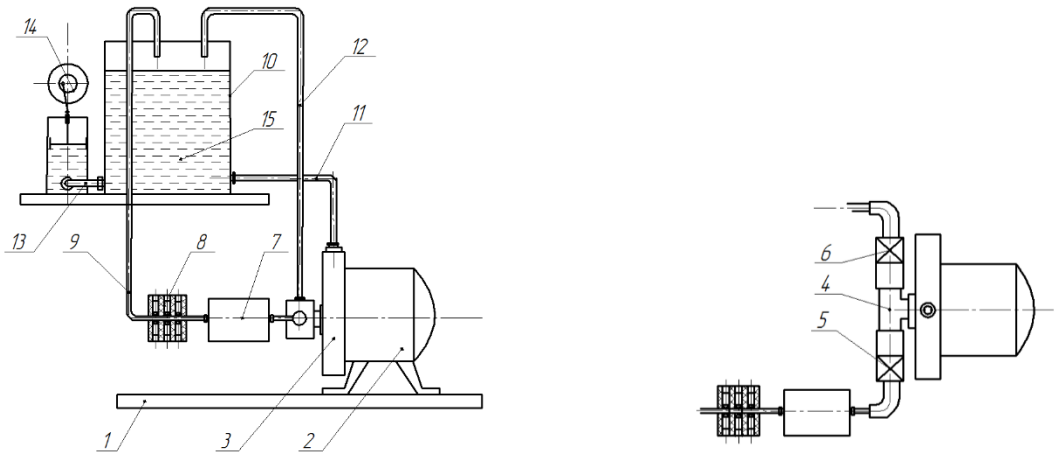


Рис. 2 – Принципова схема обладнання вхідної магнітно-кавітаційної підготовки води для тепломереж: 1 – основа; 2 – електродвигун; 3 – насос; 4 – трійник; 5,6 – крани кулькові; 7 – статичний кавітатор; 8 – блок постійних магнітів; 9 – трубопровід; 10 – бак; 11 – трубопровід; 12 – трубопровід; 13 - трубопровід; 14 – поршневий кавітатор ексцентрикового типу; 15 – вода

Також при включенні вібраційного поршневго кавітатора (рис. 3) ексцентрикового типу 14 вода 15 додатково підлягає кавітаційному впливу при зворотно-поступальному руху рідини крізь насадок та циклічно подається крізь трубопровід 13 у бак 10. Після 20-30 хвилин оброблення води за допомогою насоса 3 вода зливається у ємність для відстоювання протягом 2-3 діб. Після чого вода подається на блоки очищення, іонного обміну, деаерації води.

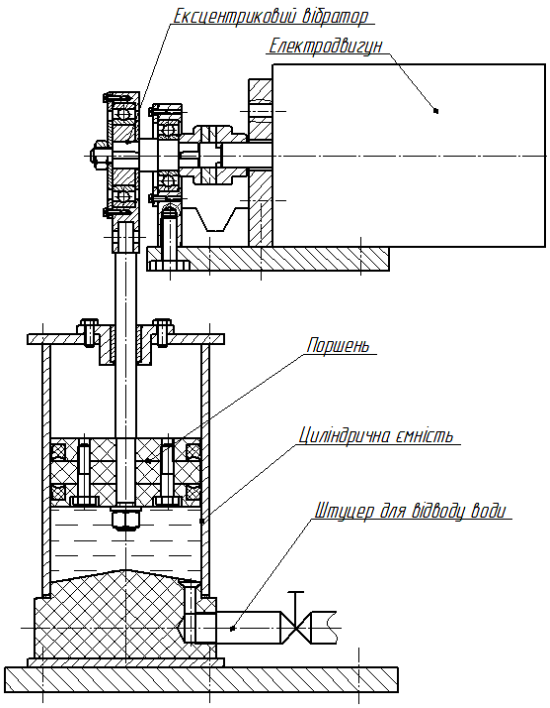


Рис. 3 – Вібраційний поршневий кавітатор

Процеси які проходять в обладнанні попередньої магнітно-кавітаційної підготовки води зводяться до утворення нерозчинних у воді карбонатів $CaCO_3$, $MgCO_3$, оксикарбонатів $Mg_2(OH)_2\,CO_3$ і гідроокисів $Fe\,(OH)_2$, які з часом випадають в осад і тому зменшується загальна концентрація вмісту розчинених речовин, зростає показник pH за період оброблення, що говорить про розрив водневих зв'язків у молекулах води, зменшується коефіцієнт поверхневого натягу.

Висновки

Таким чином, застосування запропонованого обладнання попередньої магнітно-кавітаційної підготовки дає можливість знизити навантаження на блоки очищення, іонного обміну, деаерація води, та підвищити якість водопідготовки, осідання на металевих стінках обладнання кірку, що знижує його тепловіддачу, дозволяє виключити ймовірність аварій і виходу обладнання з ладу через утворення накипу.

Виристані джерела

1. Gągol, M.; Przyjazny, A.; Boczkaj, G. Wastewater Treatment by Means of Advanced Oxidation Processes Based on Cavitation–A Review. *Chem. Eng.* J. 2018, 338, C. 599–627.
2. Thanekar, P.; Lakshmi, N.J.; Shah, M.; Gogate, P.R.; Znak, Z.; Sukhatskiy, Y.; Mnykh, R. Degradation of Dimethoate Using Combined Approaches Based on Hydrodynamic Cavitation and Advanced Oxidation Processes. *Process Saf. Environ. Prot.* 2020, 143, C. 222–230.
3. Fedorov, K.; Sun, X.; Boczkaj, G. Combination of Hydrodynamic Cavitation and SR-AOPs for Simultaneous Degradation of BTEX in Water. *Chem. Eng.* J. 2021, 417, 128081.
4. Сілін Р. І., Баран Б. А., Гордєєв А. І. Властивості води та сучасні способи її очищення : монографія. Хмельницький : ХНУ, 2009. 254 с.

5. Пристрій для магнітного очищення рідини. №44324. МПК C02F 1/48 u200905451. Заявл. 25.09.2009; Опубл. 25.09.2009, Бюл. № 18.
6. Пристрій для магнітної обробки рідини. № 53027. МПК 7C02F1/48 2002020999. Заявл. 07 02 2002; Опубл. 15 01 2003, Бюл. № 1.
7. Nazar Kostyuk, Anatoliy Hordieiev, Algimantas Bubulis, Oleksii Hordieiev. Dynamic processes in the pulsation chamber vibration machine for disinfection of water. Journal of Vibroengineering - Mechanical vibrations and applications.Vol. 23. Is.4. 2021. pp.799–809.

SIMULATION OF SPATIAL MECHANISMS OF TECHNOLOGICAL MACHINES OF LIGHT INDUSTRY

Dvorzhak V.[1], Rubanka M.[1], Polishchuk O.[2], Zhlali Zh.[1]
[1]Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine
[2]Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. In modern productions of light industry, there is a constant need to improve technological equipment for the manufacture of various products. This process requires the development of new mechanisms with accurate reproduction of complex work trajectories, including spatial ones, during technological operations. The design of such mechanisms, in particular spatial hinge-lever mechanisms, requires an accurate calculation of their kinematic characteristics. The analytical methods of kinematics research used in the work allow obtaining more accurate results compared to traditional methods. Also the work examines the kinematics of links of spatial mechanisms of technological machines of light industry using the vector method of coordinate transformation. On the example of the needle mechanisms and loopers of sewing machines for performing class 500 stitches, a structural analysis was carried out, geometric parameters were determined, and structural and vector diagrams of these mechanisms were developed. Calculations were made for each link of the spatial mechanisms of the investigated sewing machine. The results of the study are presented in the form of visualization graphs of kinematic schemes of spatial mechanisms of the needle and loopers of the sewing machine, graphs of trajectories and laws of movement of the characteristic points of the working bodies of the spatial mechanisms of the needle and loopers of the sewing machine depending on the angle of rotation of the main shaft in Mathcad. The obtained results make it possible to carry out a more accurate assessment of the functionality of the mechanisms and the detection of inertial loads based on the values of the maximum accelerations. This will make it possible to identify possible design flaws during the design of new mechanisms or the study of existing ones in the garment industry. The calculation presented in the paper allows for mathematical modeling of the spatial mechanisms of sewing machines using CAE programs, for example, Mathcad, which is an effective tool for design and research modern high-speed sewing machines.
Keywords: sewing machine, spatial mechanism, needle mechanism, looper mechanism, vector method of coordinate transformation.

Introduction

The park of technological machines of light industry has various types of machines for the production of sewing, knitted, footwear and other products. Modern productions of light industry require the development of new technological equipment with improved mechanisms that can accurately reproduce complex trajectories of working bodies, in particular spatial ones, during the implementation of the technological process. This create a need in the use of spatial mechanisms as part of technological machines. In the implementation of a complex of technical solutions for the creation of such mechanisms, scientific researches as well as development aimed at achieving high standards of product manufacturing quality, machine and result products efficiency which all put together have the crucialest part in success of manufacturing. One of the most important stages of this process is the design of the main mechanisms, especially the most common such as spatial hinge-lever mechanisms.

When designing spatial hinge-lever mechanisms, a key aspect is the calculation of their kinematic characteristics. The accuracy of these calculations determines the reliability of further analyzes of dynamic processes, technological processes, etc. In the special literature on the design and research of sewing machine mechanisms, simplified calculation methods are used that do not take into account the peculiarities of spatial movements and loads [1]. This highlights the need for new methods to accurately determine the kinematic characteristics of complex spatial mechanisms that provide higher accuracy compared to traditional methods.

The way to solve this problem is to use analytical methods of kinematics research [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11], in particular, the method of vector transformation of coordinates [2, 3, 4, 12].

The goal is to study the kinematics of the links of spatial mechanisms of technological machines of light industry by the vector method of coordinate transformation, in particular spatial mechanisms of sewing machines using the example of needle mechanisms and loopers of a sewing machine for performing class 500 stitches.

Research results

At the first stage of the research, a structural analysis of the needle and looper mechanisms was carried out, the geometric parameters of their links were determined, the peculiarities of their connections (type and class of kinematic pairs to be more precise) were established, and structural as same as vector diagrams of the spatial mechanisms of the needle and loopers were developed (Fig. 1, Fig. 2).

Structure of mechanisms and their equations of motion. In a class 500 sewing machine, all working bodies receive movement from the main shaft 1 (Fig. 1), on which the driving links of the space mechanisms of the needle and loopers under investigation are fixed. The instantaneous position of the main shaft is determined by the angle φ_1. The angular positions of the driving links of the corresponding mechanisms directly depend on the angle φ_1.

The diagram (Fig. 1) shows the following links of the needle mechanism: 1 – main shaft; 2 – the crank of the needle mechanism, made in the form of a crankshaft with a spherical pin 3; 4 – connecting rod with spherical heads; 6 – rocker arm with spherical trunnion 5; 7 – rocker shaft; 8 – rocker arm 6; 9 – connecting rod with forked heads; 10 – the leash of the needle driver 11 with a sewing needle 12. Links 2 – 3, 4 – 6 form kinematic pairs of the third class; link 11 forms a translational kinematic pair of the fifth class with the riser; links 8 - 9 form a rotational kinematic pair of the fifth class; links 2 and 6 form rotational kinematic pairs of the fifth class with the riser.

Also, the diagram (Fig. 1) shows the following links of the looper mechanism: 13 – the crank of the looper mechanism with a spherical pin 14; 15 – connecting rod with spherical heads; 17 – a rocker arm with a spherical head 16; 18 – shaft; 20 – the second arm of the rocker-holder looper 21; 19 – shaft; 22 – the third arm of the rocker arm; 23 – double connecting rod; 24 – rocker arm axis 25; 26 – the second arm of the rocker arm-loop holder 27. Links 13 – 15, 15 – 17 form kinematic pairs of the third class; links 22 – 23, 23 – 25 form rotational kinematic pairs of the fifth class; links 13, 17, 24 form rotational kinematic pairs of the fifth class with the riser.

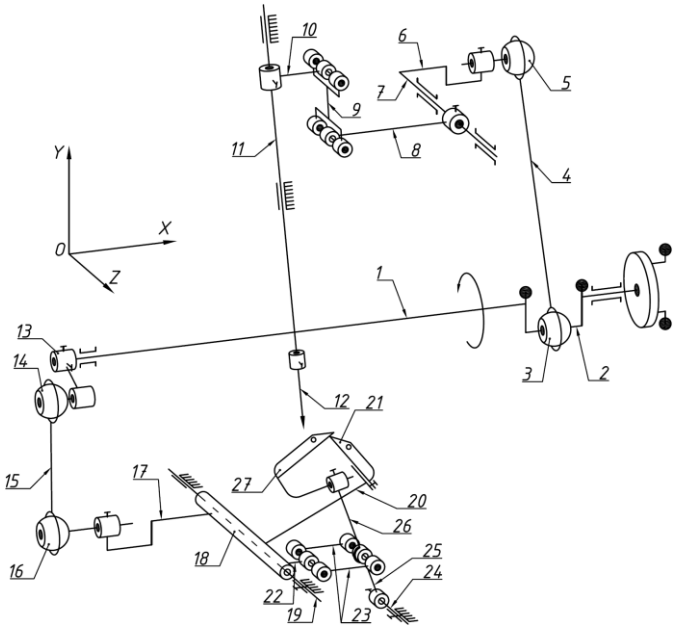


Fig. 1. Structural diagram of the spatial mechanisms of the needle and loopers of the sewing machine

For a kinematic study, let's depict the mechanisms of the needle and loopers in the form of free vectors (Fig. 2), which are built on its links, and we will call these vectors "link vectors". The starting and ending points of the vector-links are set in the geometric centers of the kinematic pairs formed by the corresponding links of the mechanisms. Link vectors are denoted as $P_{i\text{-}j}$, where the index "*i*" indicates the beginning of the vectors, and the index "*j*" indicates its end. We place the coordinate system so that the abscissa axis is oriented along the geometric axis of the main shaft 1 to the right, the ordinate axis is up perpendicular to the abscissa axis, and the applied axis is so that a right coordinate system is formed. The radius vectors that determine the centers of kinematic pairs and characteristic points of mechanisms in the specified coordinate system are denoted by P_i, where the index "*i*" indicates the number of the kinematic pair or characteristic point according to the designations in fig. 2.

To study the needle mechanism, the input metric parameters are the lengths of link vectors (modules)$|P_{12\text{-}13}|$, $|P_{13\text{-}14}|$, $|P_{15\text{-}14}|$, $|P_{16\text{-}17}|$, $|P_{17\text{-}18}|$, $|P_{18\text{-}19}|$, length of the area, which determines constructing features – $|P_{15\text{-}16}|$, $|P_{19\text{-}20}|$, crank riser coordinates P_{12}, coordinates of the riser of the needle guide, the angle between the arms of the rocker arm *6 – 8*, the angle between the leash 10 and the needle guide 11, the coordinates of the riser 7.

Since the needle of the mechanism moves in the plane *X'OY'*, which is inclined relative to the vertical plane *XOY* by an angle *α*, convenient it will be to perform the calculation of the needle mechanism in the hatched coordinate system *X'Y'Z'*, rotated around the *X* axis by an angle α clockwise.

The vector-link crank $P'_{12\text{-}13}$, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, is obtained from the expression:

$$P'_{12-13}(\varphi_1) = \begin{vmatrix} 0 \\ |P_{12-13}| \cdot \cos(\varphi_1 + \varphi_{0-1}) \\ |P_{12-13}| \cdot \sin(\varphi_1 + \varphi_{0-1}) \end{vmatrix}, \quad (1)$$

where $\varphi_{0\text{-}1}$ – The initial angle of the needle mechanism.

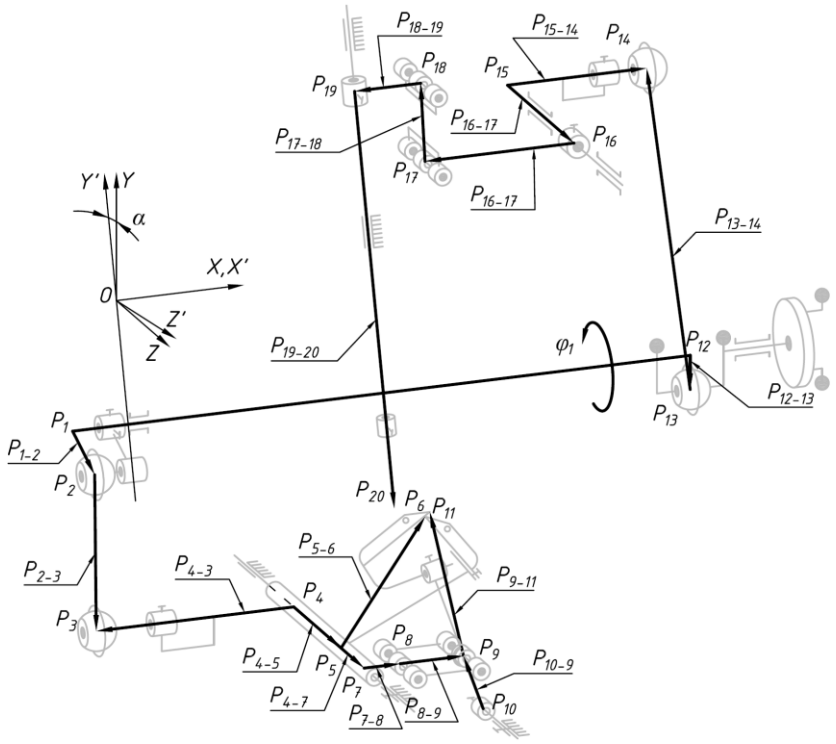


Fig. 2. Vector scheme of the spatial mechanisms of the needle and loopers of the sewing machine

The radius vector of the kinematic pair P_{13}, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, is obtained from the expression:

$$P'_{13}(\varphi_1) = \begin{vmatrix} P_{12X'} \\ P_{12Y'} \\ P_{12Z'} \end{vmatrix} + P'_{12-13}(\varphi_1)\,. \tag{2}$$

We determine the auxiliary free vector $P'_{15\text{-}13}$ of variable length and direction, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the difference between the radius vectors P'_{13} and P'_{15}:

$$P'_{15-13}(\varphi_1) = P'_{13}(\varphi_1) - \begin{vmatrix} P'_{15X'} \\ P'_{15Y'} \\ P'_{15Z'} \end{vmatrix}. \tag{3}$$

Imagine the vector link of the rocker arm $P'_{15\text{-}14}$, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the product of its orth $e'_{15\text{-}14}$ on the modulus of the vector-link of the rocker arm $|P_{15\text{-}14}|$:

$$P'_{15-14}(\varphi_1) = e'_{15-13}(\varphi_1) \cdot |P_{15-14}|\,. \tag{4}$$

The expressions obtained in [12] are used to determine the components of the orte$'_{15\text{-}14}$ in the hatched coordinate system $X'Y'Z'$:

$$e'_{15-14}(\varphi_1)_{X'} = \frac{\left(\begin{array}{l} \frac{|P'_{15-13}(\varphi_1)|^2+|P_{15-14}|^2-|P_{13-14}|^2}{2\cdot|P_{15-14}|}\cdot P'_{15-13}(\varphi_1)_{X'} - \\ -P'_{15-13}(\varphi_1)_{Y'}\cdot\sqrt{(P'_{15-13}(\varphi_1)_{X'})^2+(P'_{15-13}(\varphi_1)_{Y'})^2 - \left(\frac{|P'_{15-13}(\varphi_1)|^2+|P_{15-14}|^2-|P_{13-14}|^2}{2\cdot|P_{15-14}|}\right)^2} \end{array} \right)}{(P'_{15-13}(\varphi_1)_{X'})^2+(P'_{15-13}(\varphi_1)_{Y'})^2}; \tag{5}$$

$$e'_{15-14}(\varphi_1)_{Y'} = \frac{\left(\begin{array}{c}\frac{|P'_{15-13}(\varphi_1)|^2+|P_{15-14}|^2-|P_{13-14}|^2}{2\cdot|P_{15-14}|}\cdot P'_{15-13}(\varphi_1)_{Y'}+ \\ +P'_{15-13}(\varphi_1)_{Y'}\cdot\sqrt{\begin{array}{l}(P'_{15-13}(\varphi_1)_{X'})^2+(P'_{15-13}(\varphi_1)_{Y'})^2- \\ -\left(\frac{|P'_{15-13}(\varphi_1)|^2+|P_{15-14}|^2-|P_{13-14}|^2}{2\cdot|P_{15-14}|}\right)^2\end{array}}\end{array}\right)}{(P'_{15-13}(\varphi_1)_{X'})^2+(P'_{15-13}(\varphi_1)_{Y'})^2}. \quad (6)$$

It should be noted that the component of the orth $e'_{15\text{-}14}$ in the hatched coordinate system $X'Y'Z'$, which determines its projection on the axis of the applicator, is zero, because the line of the rocker 6, which we determine vector-link $P_{15\text{-}14}$, perpendicular to the axis of the shaft 7, so $e'_{15-14}(\varphi_1)_{Z'} = 0$.

Determine the radius vector of the kinematic pair P'_{14}, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the sum of the vectors P'_{15} and $P'_{15\text{-}14}$:

$$P'_{14}(\varphi_1) = \begin{vmatrix} P'_{15_{X'}} \\ P'_{15_{Y'}} \\ P'_{15_{Z'}} \end{vmatrix} + P'_{15-14}(\varphi_1). \quad (7)$$

Determine the vector link of the connecting rod, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the difference between the two radius vectors P'_{14} and P'_{13}:

$$P'_{13-14}(\varphi_1) = P'_{14}(\varphi_1) - P'_{13}(\varphi_1). \quad (8)$$

Determine the vector-link the second arm of the rocker arm $P'_{16\text{-}17}$, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, in the hatched coordinate system:

$$P'_{16-17}(\varphi_1) = \begin{vmatrix} P'_{15-14}(\varphi_1)_{X'}\cdot\cos(\propto_1) - P'_{15-14}(\varphi_1)_{Y'}\cdot\sin(\propto_1) \\ P'_{15-14}(\varphi_1)_{X'}\cdot\sin(\propto_1) + P'_{15-14}(\varphi_1)_{Y'}\cdot\cos(\propto_1) \\ 0 \end{vmatrix}\cdot\frac{|P_{16-15}|}{|P'_{15-14}(\varphi_1)|}. \quad (9)$$

Determine the radius vector of the kinematic pair P'_{17}, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the sum of the vectors P'_{16} and $P'_{16\text{-}17}$:

$$P'_{17}(\varphi_1) = P'_{16} + P'_{16-17}(\varphi_1). \quad (10)$$

Determine the vector link of the connecting rod $P_{17\text{-}18}$, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1:

$$P'_{17-18}(\varphi_1) = \begin{vmatrix} P'_{17-18'}(\varphi_1)_{X'}\cdot\cos\left(\propto_2(\varphi_1)\right) - P'_{17-18'}(\varphi_1)_{Y'}\cdot\sin(\propto_2) \\ P'_{17-18'}(\varphi_1)_{X'}\cdot\sin(\propto_2) + P'_{17-18'}(\varphi_1)_{Y'}\cdot\cos(\propto_2) \\ 0 \end{vmatrix}\cdot \frac{|P_{17-18}|}{|P'_{17-18'}(\varphi_1)|}, \quad (11)$$

where $P'_{17-18'}(\varphi_1) = \begin{vmatrix} -P'_{N1-N2_Y} \\ P'_{N1-N2_Y} \\ 0 \end{vmatrix}\cdot\frac{\left|\left(P'_{17-N_1}(\varphi_1)\times Ort(P'_{N1-N2})\right)_Z\right|}{|P'_{N1-N2}|}$ – is the vector, which is built on a perpendicular, which is drawn from the kinematic pair P_{17} right to the line point P_{18} moves by (Fig. 3); denoted line is determined by the vector $P'_{N1'\text{-}N2'}$: $P'_{N1'-N2'} = P_{N2'} - P_{N1'}$;

$\propto_2(\varphi_1) = arccos\left(\frac{\left|\left(P'_{17-N_1'}(\varphi_1)\times Ort(P'_{N1'-N2'})\right)_Z\right|}{|P_{17-18}|}\right)$ – an angle between the vectors $P'_{17\text{-}18'}$ and $P'_{17\text{-}18}$, which depends on rotation angle of the main shaft 1; $P'_{17\text{-}N1'}$ – auxiliary vector, the one that is defined as the difference of radius vectors $P'_{N1'}$ and P'_{17}: $P'_{17-N1'}(\varphi_1) = P'_{N1'} - P'_{17}(\varphi_1)$.

Determine the radius-vector of the kinematic pair P'_{18}, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the sum of the vectors P'_{17} and $P'_{17\text{-}18}$:

$$P'_{18}(\varphi_1) = P'_{17}(\varphi_1) + P'_{17-18}(\varphi_1)\,. \tag{12}$$

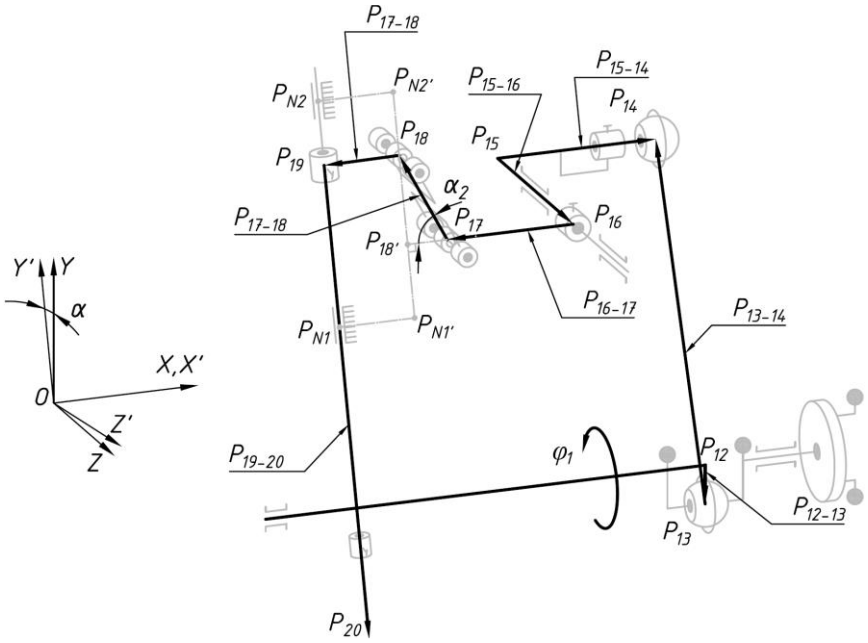


Fig. 3. Vector diagram of the spatial mechanism of the needle sewing machine

Determine the vector link of the leash $P'_{18\text{-}19}$:

$$P'_{18-19} = \begin{vmatrix} -|P_{18-19}| \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}. \tag{13}$$

Determine the radius vector of the kinematic pair P'_{19}, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the sum of the vectors P'_{18} and $P'_{18\text{-}19}$:

$$P'_{19}(\varphi_1) = P'_{18}(\varphi_1) + P'_{18-19}\,. \tag{14}$$

Determine the free vector $P'_{19\text{-}20}$, which characterizes the position of the working point of the needle P'_{20} relative to the radius vector P'_{19}:

$$P'_{19-20} = \begin{vmatrix} -|P'_{N1-N2}| \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \cdot \frac{|P_{19-20}|}{|P'_{N1-N2}|}\,. \tag{15}$$

Determine the radius vector of the working point of the needle P'_{20}, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the sum of the vectors P'_{19} and $P'_{19\text{-}20}$:

$$P'_{20}(\varphi_1) = P'_{19}(\varphi_1) + P'_{19-20}\,. \tag{16}$$

To translate the coordinates of the link vectors and the radius vectors of the characteristic points of the mechanism from the hatched coordinate system *X'Y'Z'* into not hatched *XYZ* the desired coordinates of the link vectors and radius vectors in the hatched coordinate system by the $M_Z(\alpha)$, rotation matrix should be multiplied to the right, the arguments of the guide cosines of which are the angle of inclination α:

$$M_Z(\propto) = \begin{vmatrix} \cos(\propto) & -\sin(\propto) & 0 \\ \sin(\propto) & \cos(\propto) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (17)$$

For example, to determine the radius vector of the operating point P_{19} in a non-hatched coordinate system, the following expression should be made:

$$P_{20}(\varphi_1) = M_Z(\propto) \cdot P'_{20}(\varphi_1). \quad (18)$$

Similarly, we determine the other radius vectors of the characteristic points of the needle mechanism.

For example, to determine the vector-link, the $P_{17\text{-}18}$ connecting rod in a non-hatched coordinate system should be as follows:

$$P_{17-18}(\varphi_1) = M_Z(\propto) \cdot P'_{17-18}(\varphi_1). \quad (19)$$

Similarly, we define other vectors-links of the needle mechanism.

To study the mechanism of loopers (Fig. 1, Fig. 2) the input metric parameters are the lengths of the vectors-links (modules) $|P_{1\text{-}2}|$, $|P_{2\text{-}3}|$, $|P_{4\text{-}3}|$, $|P_{5\text{-}6}|$, $|P_{7\text{-}8}|$, $|P_{8\text{-}9}|$,$|P_{10\text{-}9}|$, $|P_{9\text{-}11}|$ the length of the sections that determine the design features of the mechanism - $|P_{4\text{-}5}|$, $|P_{4\text{-}7}|$, crank riser coordinates P_1, coordinates of rocker arms risers P_5, P_7, P_{10}, angles between the shoulders of the rocker arm17 - 20, 17 – 22, 25 - 26.

Vector-link crank $P_{1\text{-}2}$, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, get from the expression:

$$P_{1-2}(\varphi_1) = \begin{vmatrix} 0 \\ |P_{1-2}| \cdot \cos(\varphi_1 + \varphi_{0-2}) \\ |P_{1-2}| \cdot \sin(\varphi_1 + \varphi_{0-2}) \end{vmatrix}, \quad (20)$$

where $\varphi_{0\text{-}2}$ – The initial angle of the crank mechanism of the needle.

The radius vector of the kinematic pair P_2, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, is obtained from the expression:

$$P_2(\varphi_1) = \begin{vmatrix} P_{1_X} \\ P_{1_Y} \\ P_{1_Z} \end{vmatrix} + P_{1-2}(\varphi_1). \quad (21)$$

We define the auxiliary free vector $P_{4\text{-}2}$ of variable length and direction, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the difference between the radius vectors P_2 and P_4:

$$P_{4-2}(\varphi_1) = P_2(\varphi_1) - \begin{vmatrix} P_{4_X} \\ P_{4_Y} \\ P_{4_Z} \end{vmatrix}. \quad (22)$$

Let's imagine the rocker link vector $P_{4\text{-}3}$, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as a product of its orth $e_{4\text{-}3}$ by the module of the rocker link vector $|P_{4\text{-}3}|$:

$$P_{4-3}(\varphi_1) = e_{4-3}(\varphi_1) \cdot |P_{4-3}|. \quad (23)$$

To determine the components of orta $e_{4\text{-}3}$ in the unshaded *XYZ* coordinate system, the expressions obtained in [12] were used:

$$e_{4-3}(\varphi_1)_X = \frac{\left(\begin{array}{l}\frac{|P_{4-2}(\varphi_1)|^2+|P_{4-3}|^2-|P_{2-3}|^2}{2\cdot|P_{4-3}|}\cdot P_{4-2}(\varphi_1)_X + \\ +P_{4-2}(\varphi_1)_Y\cdot\sqrt{\begin{array}{l}(P_{4-2}(\varphi_1)_X)^2+(P_{4-2}(\varphi_1)_Y)^2- \\ -\left(\frac{|P_{4-2}(\varphi_1)|^2+|P_{4-3}|^2-|P_{2-3}|^2}{2\cdot|P_{4-3}|}\right)^2\end{array}}\end{array}\right)}{(P_{4-2}(\varphi_1)_X)^2+(P_{4-2}(\varphi_1)_Y)^2}; \quad (24)$$

$$e_{4-3}(\varphi_1)_Y = \frac{\left(\begin{array}{l}\frac{|P_{4-2}(\varphi_1)|^2+|P_{4-3}|^2-|P_{2-3}|^2}{2\cdot|P_{4-3}|}\cdot P_{4-2}(\varphi_1)_Y - \\ -P_{4-2}(\varphi_1)_Y\cdot\sqrt{\begin{array}{l}(P_{4-2}(\varphi_1)_X)^2+(P_{4-2}(\varphi_1)_Y)^2- \\ -\left(\frac{|P\prime_{4-2}(\varphi_1)|^2+|P_{4-3}|^2-|P_{2-3}|^2}{2\cdot|P_{4-3}|}\right)^2\end{array}}\end{array}\right)}{(P_{4-12}(\varphi_1)_X)^2+(P_{4-2}(\varphi_1)_Y)^2}. \quad (25)$$

The orthogonal component $e_{4\text{-}3}$ in the unshaded XYZ coordinate system, which determines its projection onto the applique axis, is zero, since the rocker line 17, which is defined by the link vector $P_{4\text{-}3}$, is perpendicular to the shaft axis 4, so $e_{4-3}(\varphi_1)_Z = 0$.

We determine the radius vector of the kinematic pair P_3, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the sum of the vectors P_4 and $P_{4\text{-}3}$:

$$P_3(\varphi_1) = \begin{vmatrix} P_{4_X} \\ P_{4_Y} \\ P_{4_Z} \end{vmatrix} + P_{4-3}(\varphi_1). \quad (26)$$

We define the link vector of the connecting rod, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the difference of two radius vectors P_3 and P_2:

$$P_{2-3}(\varphi_1) = P_3(\varphi_1) - P_2(\varphi_1). \quad (27)$$

We determine the vector link of the second arm of the rocker arm $P_{5\text{-}6}$, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1:

$$P_{5-6}(\varphi_1) = \begin{vmatrix} P_{4-3}(\varphi_1)_X\cdot\cos(\propto_3) - P_{4-3}(\varphi_1)_Y\cdot\sin(\propto_3) \\ P_{4-3}(\varphi_1)_X\cdot\sin(\propto_3) + P_{4-3}(\varphi_1)_Y\cdot\cos(\propto_3) \\ 0 \end{vmatrix}\cdot\frac{|P_{5-6}|}{|P_{4-3}(\varphi_1)|}, \quad (28)$$

where α_3 – the angle between the arms of the rockers 17 and 20.

We determine the radius vector of the kinematic pair P_6, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1 and determines the position of the working point of the looper 21, as the sum of the vectors P_5 and $P_{5\text{-}6}$:

$$P_6(\varphi_1) = P_5 + P_{5-6}(\varphi_1). \quad (29)$$

We determine the link vector of the third arm of the rocker arm $P_{7\text{-}8}$, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1:

$$P_{7-8}(\varphi_1) = \begin{vmatrix} P_{4-3}(\varphi_1)_X\cdot\cos(\propto_4) - P_{4-3}(\varphi_1)_Y\cdot\sin(\propto_4) \\ P_{4-3}(\varphi_1)_X\cdot\sin(\propto_4) + P_{4-3}(\varphi_1)_Y\cdot\cos(\propto_4) \\ 0 \end{vmatrix}\cdot\frac{|P_{7-8}|}{|P_{4-3}(\varphi_1)|}, \quad (30)$$

where α_4 – the angle between the shoulders of rockers 17 and 22.

We determine the radius vector of the kinematic pair P_8, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the sum of the vectors P_7 and $P_{7\text{-}8}$:

$$P_8(\varphi_1) = P_7 + P_{7-8}(\varphi_1). \quad (31)$$

We define the auxiliary variable vector $P_{10\text{-}8}$, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the difference of two radius vectors P_8 and P_{10}:

$$P_{10-8}(\varphi_1) = P_8(\varphi_1) - P_{10}\,. \tag{32}$$

We determine the auxiliary variable angle α_5 between the vectors $P_{10\text{-}8}$ and $P_{10\text{-}9}$, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1:

$$\propto_5 (\varphi_1) = arccos\left(\frac{|P_{10-8}(\varphi_1)|^2+|P_{10-9}|^2-|P_{8-9}|^2}{2\cdot|P_{10-8}(\varphi_1)|\cdot|P_{10-9}|}\right). \tag{33}$$

We determine the link vector rocker arm $P_{10\text{-}9}$, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1:

$$P_{10-9}(\varphi_1) = \begin{vmatrix} P_{10-8}(\varphi_1)_X \cdot \cos(\propto_5) - P_{10-8}(\varphi_1)_Y \cdot \sin(\propto_5) \\ P_{10-8}(\varphi_1)_X \cdot \sin(\propto_5) + P_{10-8}(\varphi_1)_Y \cdot \cos(\propto_5) \\ 0 \end{vmatrix} \cdot \frac{|P_{10-9}|}{|P_{10-8}(\varphi_1)|}\,. \tag{34}$$

We determine the radius vector of the kinematic pair P_9, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the sum of the vectors P_{10} and $P_{10\text{-}9}$:

$$P_9(\varphi_1) = P_{10} + P_{10-9}(\varphi_1)\,. \tag{35}$$

We define the link vector of the connecting rod $P_{8\text{-}9}$, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1, as the difference of two radius vectors P_9 and P_8:

$$P_{8-9}(\varphi_1) = P_9(\varphi_1) - P_8(\varphi_1)\,. \tag{36}$$

We determine the vector link of the second rocker arm $P_{9\text{-}11}$, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1:

$$P_{9-11}(\varphi_1) = \begin{vmatrix} P_{10-9}(\varphi_1)_X \cdot \cos(\propto_6) - P_{10-9}(\varphi_1)_Y \cdot \sin(\propto_6) \\ P_{10-9}(\varphi_1)_X \cdot \sin(\propto_6) + P_{10-9}(\varphi_1)_Y \cdot \cos(\propto_6) \\ 0 \end{vmatrix} \cdot \frac{|P_{9-11}|}{|P_{10-9}(\varphi_1)|}, \tag{37}$$

where α_5 – angle between arms of rockers 25 and 26.

We determine the radius vector of the kinematic pair P_{11}, which depends on the angle of rotation of the main shaft 1 and determines the position of the working point of the looper 27, as the sum of the vectors P_9 and $P_{9\text{-}11}$:

$$P_{11}(\varphi_1) = P_9(\varphi_1) + P_{9-11}(\varphi_1)\,. \tag{38}$$

According to the obtained values of the radius vectors of the characteristic points of the needle and looper mechanisms P_1, P_2, P_3,P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}, P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{14}, P_{15}, P_{16}, P_{17}, P_{18}, P_{19}, P_{20} graphs of the visualization of the kinematic scheme of the spatial mechanisms of the needle and loopers (Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6), graphs of the trajectories of the characteristic points of the working organs of the needle – P_{20}, loopers P_6 and P_{11} (Fig. 7), graphs of the dependence of absolute displacements were built in Mathcad as well as characteristic points P_{20}, P_6 and P_{11} (Fig. 8).

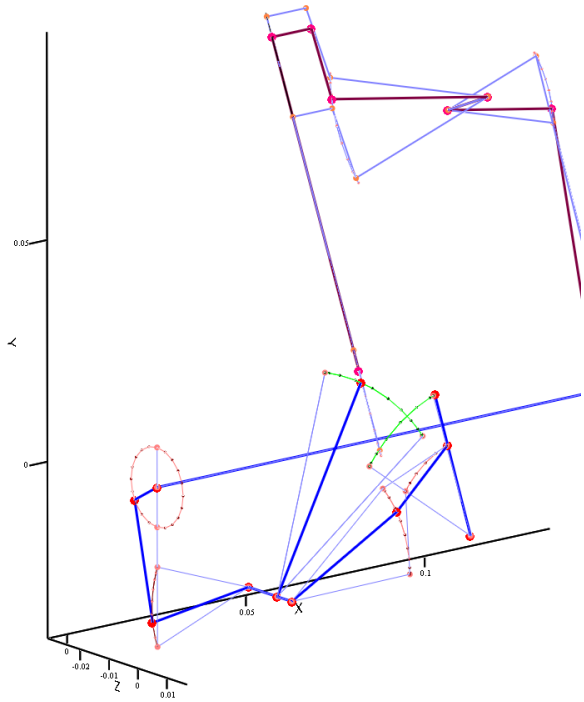


Fig. 4. Visualization graph of the kinematic scheme of the spatial mechanisms of the needle and loopers, combined with the trajectories of the characteristic points of the mechanisms in Mathcad

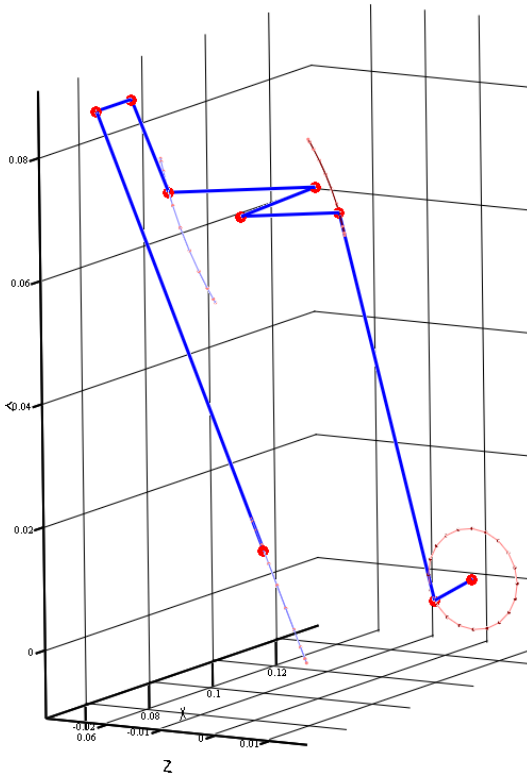


Fig. 5. Visualization graph of the spatial mechanism of the sewing machine needle, combined with the trajectories of the characteristic points of the mechanism in Mathcad

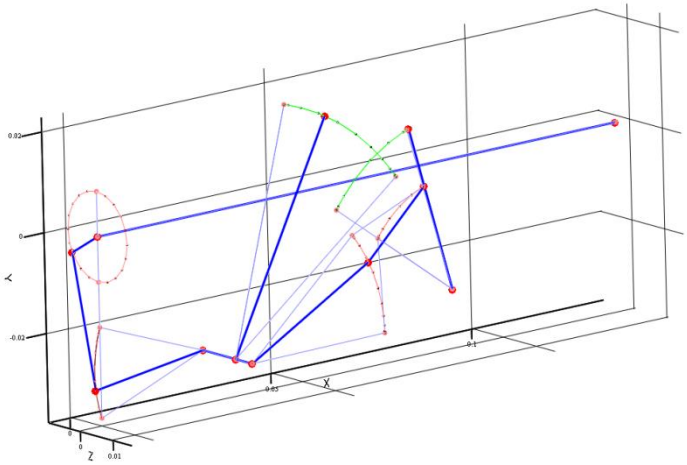


Fig. 6. Visualization graph of the spatial mechanism of the sewing machine loopers, combined with the trajectories of the characteristic points of the mechanism in Mathcad

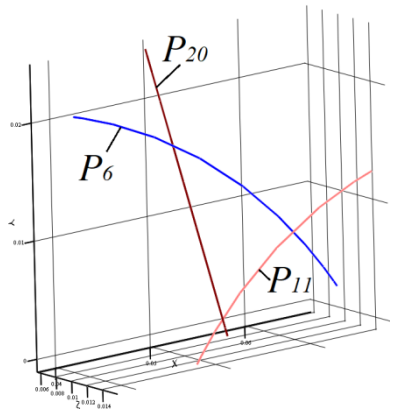


Fig. 7. Graphs of the trajectories of the characteristic points of the working bodies of the spatial mechanisms of the needle and loopers of the sewing machine in Mathcad

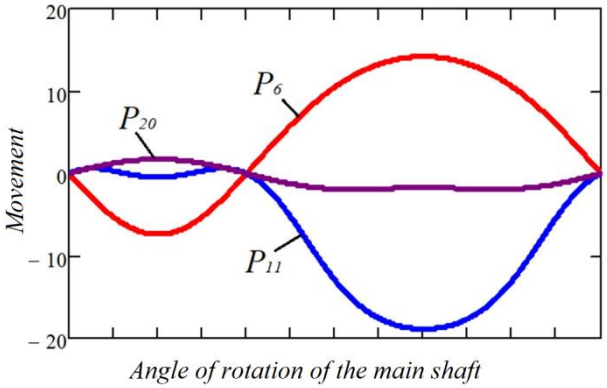


Fig. 8. Graphs of movements of the characteristic points of the working bodies of the spatial mechanisms of the needle and loopers of the sewing machine depending on the angle of rotation of the crank in Mathcad

Calculations were made for all links of the spatial mechanisms of the sewing machine under consideration. The obtained results make it possible to more accurately assess the performance of the mechanisms, identify inertial loads based on the values of maximum accelerations to identify possible structural violations during the design of new and research of existing sewing machine mechanisms.

Conclusion

The obtained results make it possible to effectively use the developed analytical dependencies for more accurate modeling of the movement characteristics of the spatial mechanisms of sewing machines. It is advisable to use the proposed approach in studies of the kinematics of spatial mechanisms of sewing machines.

The calculation given in the paper makes it possible to carry out mathematical modeling of spatial mechanisms of sewing machines using CAE-programs, for example, Mathcad, which is an effective tool for designing and researching modern high-speed sewing machines.

Bibliography

1. Pyshchykov, V. O., & Orlovskyi, B. V. (2007). Proektuvannia shveinykh mashyn [Design of sewing machines]. Kyiv: Format [in Ukrainian].
2. Bratchenko, O.V. (2014). Osoblyvosti vykorystannia metodu peretvorennia koordynat vdoslidzhenniakh kinematyky kryvoshypno-shatunnykh mekhanizmiv [Peculiarities of the use of the coordinate transformation method in the study of the kinematics of

crank-rod mechanisms]. Zbirnyk naukovykh prats Donetskoho instytutu zaliznychnoho transportu - Collection of scientific works of the Donetsk Institute of Railway Transport, 37, 115-120 [in Ukrainian].

3. Moroz, V. I., Bratchenko, O. V. & Hromov, V. I. (2016). Rozrakhunkove vyznachennia kinematychnykh kharakterystyk elementiv konstruktsii tekhnichnykh zasobiv transportu metodom peretvorennia koordynat [Calculated determination of kinematic characteristics of structural elements of technical means of transport by the method of coordinate transformation]. Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transportu - Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport, 159, 118-125 [in Ukrainian].
4. Przytulski R., Zajaczkowski J. (2016). Kinematic analysis of the sewing mechanisms of an over edge machine. Fibres and Textiles in Eastern Europe. Vol. 14, Issue 1. P. 79–82.
5. Owczarek A.: 'Computer models of selected mechanisms used in sewing machines (in Polish)', M. Sc. thesis, Technical University of Łódź, 2002.
6. Zajączkowski J.: Komputerowe modelowanie maszyn włókienniczych. PAN, (2004).
7. Şafak Ş, Şaka Z, Özçelik Z. (2012). Modifcation of the Classical Needle Bar and Thread Take-Up Lever Mechanism in Sewing Machines. Fibres & Textiles in Eastern Europe. Vol. 20, Issue 4(93). P. 108-111.
8. Nejlaoui Mohamed, Najlawi Bilel and Affi Zouhaier (2017). Multi-objective design optimisation of four-bar mechanisms using a hybrid ICA-GA algorithm. International Journal Reasoning-based Intelligent Systems, Vol. 9, 1, P. 43-51.
9. Mechatronic design optimization of the mechanism in a sewing machine Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C Journal of Mechanical Engineering Science 1989-1996 (vols 203-210).
10. Saeed Ebrahimi, Pedram Payvandy Optimization of the link drive mechanism in a sewing machine using imperialist competitive algorithm International Journal of Clothing Science and Technology 26(3), pp. 247-260.
11. Gotlih, K., Lojen, D.Z. and Vohar, B. (2007). "Optimization of needle penetration velocity using thelink drive mechanism in a sewing machine", Fibres & Textiles in Eastern Europe, Vol. 15, No. 1, pp. 66-71.
12. Dvorzhak V. M. (2016). Skhemotekhnichne modeliuvannia kinematychnykh skhem prostorovykh chotyrylankovykh kryvoshypno-koromyslovykh mekhanizmiv tekhnolohichnykh mashyn [Circuit simulation kinematic scheme of spatial four crankrocker mechanisms of technological machines]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu - Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design, 2. 16-26 [in Ukrainian].

ANALYSIS OF TEMPERATURE DISTRIBUTION DEPENDING ON THE TYPE OF WELDING JOINT

Dziwis A.[1], Bonek M.[1] Polishchuk O.[2]
[1] Silesian University of Technology, Department of Engineering Materials and Biomaterials, Gliwice, Poland
[2] Khmelnitskyi National University, Department of Machines and Apparatus Electromechanical and Power Systems, Khmelnitskyi, Ukraine

Abstract. The aim of the work was to determine the temperature distribution in welded elements depending on the type of welded joint. The work focuses on the basic and most common types of connections used in industry and which can be automated and mechanized. The simulation uses simplification by applying energy in the form of heat to the weld to simulate the impact of the laser beam during operation. The simulations were performed in SolidWorks2023 and were performed in two steps. First, a thermal analysis was performed to determine the heat propagation in the material, and then, based on the obtained results, a static analysis of stress propagation and displacements was performed.
The results show that the energy applied to the material during welding gradually spreads over time in the form of heat from the weld. In the case of butt and tee joints, heat causes stresses to occur in the areas around the weld. The exception is a corner joint in which the stresses are distributed evenly thou they greatest accumulation takes place in the central area of the boundary between the welded material and the weld. The displacements are most visible in the case of tee joints and least visible in the case of butt joints. Computer simulation showed that the largest displacements occurred in the case of tee joint. This is due to the greatest possibility of movement of the bonded element relative to the other because, unlike the others, it did not lie on the base but directly on the bonded element. The results of stress simulations showed that in the case of tee joints, they are distributed evenly, but they do not accumulate directly on the areas near the weld, but at a certain distance from it. The greatest stresses outside the contact surfaces of the joint and the elements being jointed occur at the edges of these elements.
Keywords: Laser welding, Mechanization, Automation, FEM

1. Introduction

Nowadays, the industry is striving for more and more widespread automation and robotization of technological processes. Most of the time, welding was a difficult process to perform without human intervention. Only the rapid development of laser techniques made it possible to automate welding and obtain more accurate welds due to the control of process parameters using computers. Since its invention, welding has been one of the basic methods of joining metal structures together. It is currently an irreplaceable process used in every industry, so products made using welding or its derivatives are an integral part of our lives. Because of the variety of welded structures, there are different methods of making the joints. There are five basic configurations of welded joints (Fig. 1), those are [1,2]:

- Butt joint,
- Corner joint,
- Edge joint,
- Lap joint,
- Tee joint.

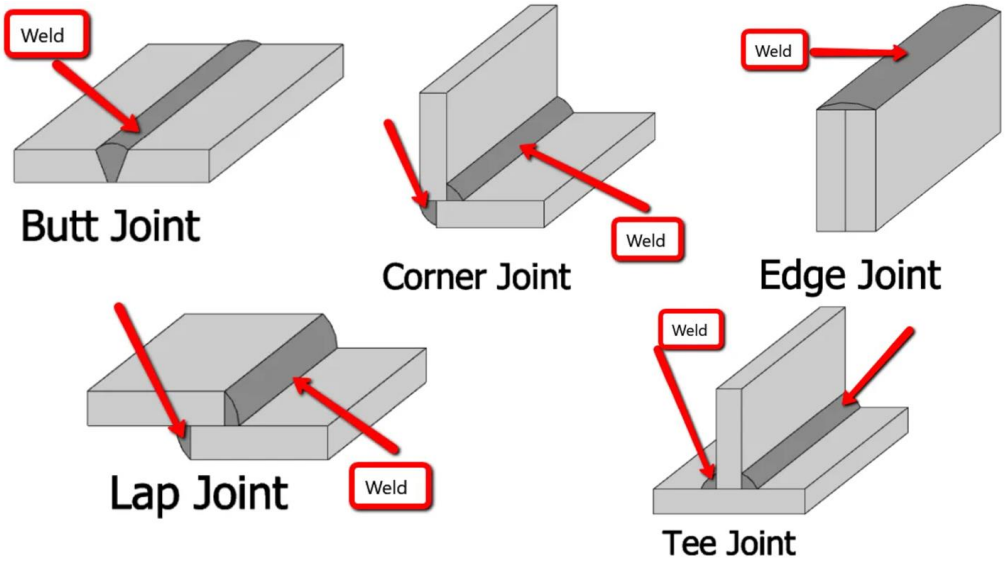


Fig. 1. Welding joint types [3]

Welding itself is a process of joining materials by heating them and melting them at the point of connection with or without adding a binder. The heat source is usually a welding arc created by the current generated by the welding power source. Electric arc welding is arc welding. Arc welding can only use the heat generated by the arc, which causes the welded pieces to fuse together. Typically, however, additional material is also melted into the weld. It is fed by a wire feeder to which a welding gun is connected, or manually in the form of a coated electrode. The filler material must have approximately the same melting point as the welded material. Before starting welding, the edges of the welded elements should be prepared to obtain an appropriate welding groove, e.g. V-shaped. During welding, the arc melts the edges of the groove and the welding material. This creates a weld pool. To ensure the durability of the weld, the molten weld pool must be protected from oxidation and the influence of surrounding air, for example by shielding gases or slag [4,5].

Welding as a technological process is based mostly on the use of gas burners, this is due to the lack of any other tool for making welded joints at the time of the development of welding technology. The changes occurred when lasers appeared that could be implemented in industry

Laser itself is a device that emits light through a process of optical amplification based on stimulated emission of electromagnetic radiation. The term laser is an acronym for Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. The invention of the laser was a revolutionary moment due to its accuracy and precision as well as greater freedom in controlling the weld pool. The most important element of a laser that determines its properties is the active medium, thanks to which we obtain a beam of light with a wavelength characteristic of this medium. Lasers can be distinguished based on the active medium [6]:

- Gas lasers,
- Diode lasers,
- Solid state lasers,
- Other.

Each laser consists of specific elements necessary for amplification stimulated radiation to occur, an example laser scheme is shown in Figure 2.

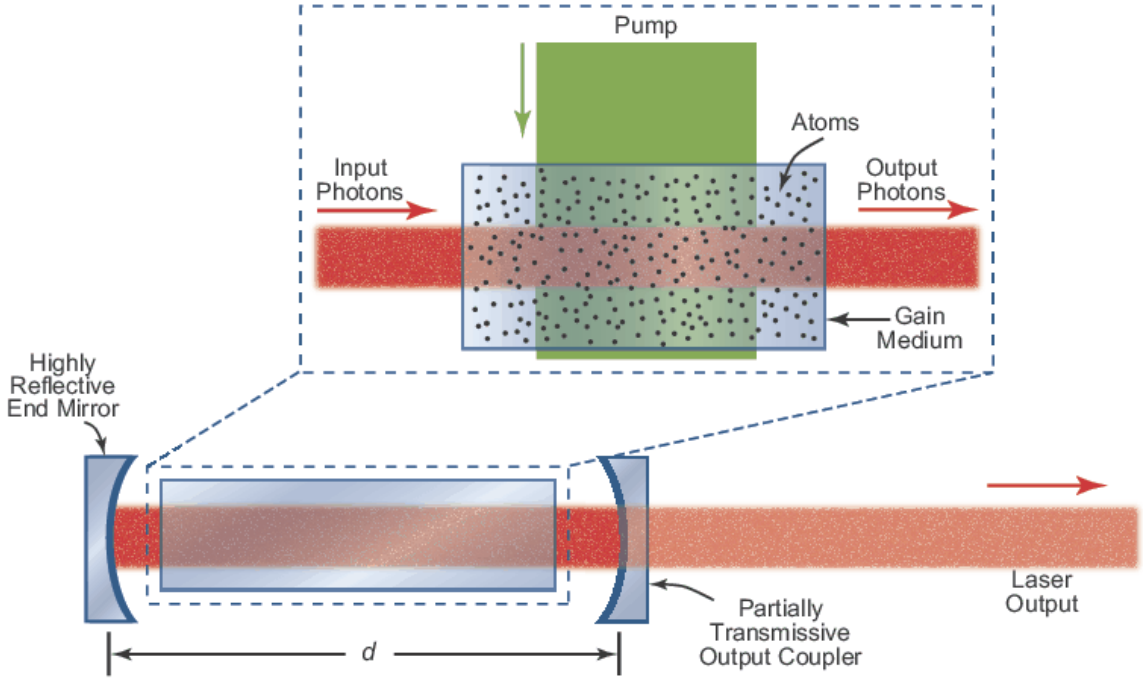


Fig. 2. Scheme of operation of a laser [7]

The critical components of a laser are a gain medium, a pump source, and a resonator. Table 1 lists the primary functions of these components as well as typical examples.

Lasers outside the active medium are divided according to their operating mode, these are continuous and pulse mode. The power of continuous lasers ranges from 10-4 to 106 W. The energy of pulsed lasers ranges from 10-5 to 105 J. The pulse length reaches extremely low values, reaching femtoseconds [6].

Table 1. Function and examples for the three components of lasers [7]

Component	Function	Examples
Gain Medium	Acts as medium for population inversion. Determines laser emission properties	Atomic or molecular gases Ions in crystals or glasses Semiconductors
Pump Source	Serves as energy source for inverting population	Electric discharge Flashlamp or arc lamp Electric current
Resonator	Provides feedback mechanism for amplification. Selects spectral and spatial properties of light	Bulk mirrors in solid-state laser Cleaved or coated facets in laser diode Bragg reflectors in fibre laser

The use of laser welding techniques has provided many new opportunities but has also resulted in the emergence of new problems related to new processes. Currently, one of the basic challenges in the laser welding process is the repeatability of the process environment parameters. What is important is both a repeatable product and repeatable pressure between welded elements, ensuring the smallest possible gap. Unfortunately, the formation of a gap

happens quite often, and this is mainly due to the product design and its tolerances. A very important element is also the material and the repeatability of its composition from which the product is made. In case of even the smallest changes, it may be necessary to re-parameterize the process settings. The scheme of laser welding in an inert gas shield is shown in Fig. 3 [1,8].

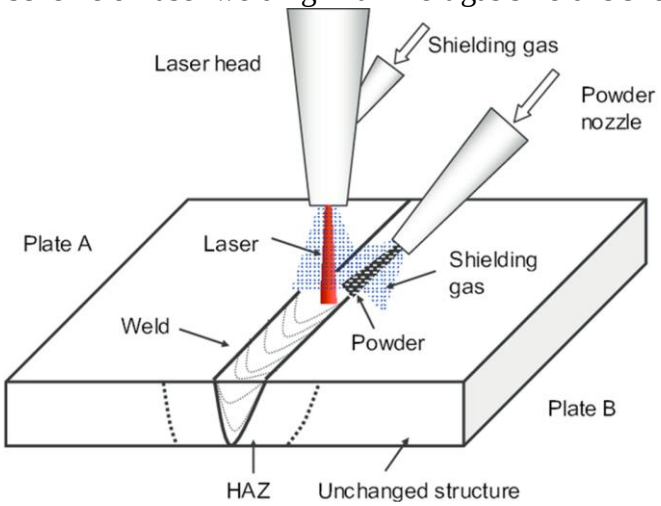


Fig. 3. Scheme of laser welding [9]

Thanks to the development of computer technologies, there is currently no need to perform repeated tests on real materials. The need to repeat costly and time-consuming tests has been replaced by the possibility of conducting computer simulations based on already available material data. Knowing the parameters of the laser beam performing welding and the welded material, it is possible to simulate the entire process and obtain reliable results [10].

As part of the work, three models of welded joints were made and were subjected to the conditions occurring during the welding process. A butt, tee and corner joints were selected for the simulation and are shown on the Fig 4.

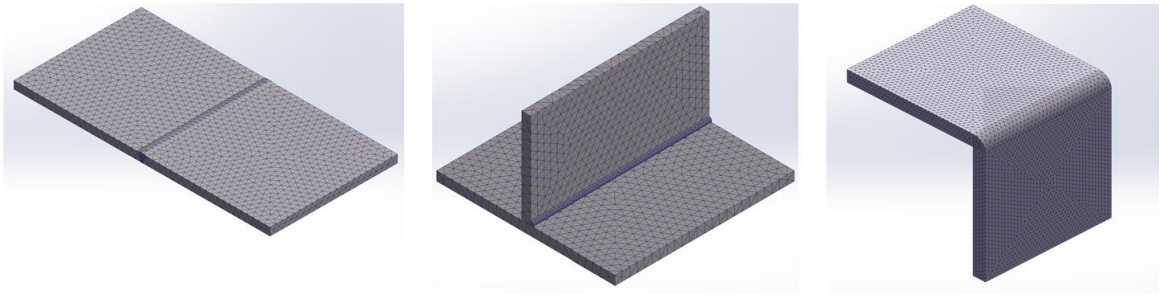


Fig. 4. Geometric models of welding joints

The simulations were performed in Solidworks 2023 and were performed in two steps. First, a thermal analysis was performed to determine the heat propagation in the material, and then, based on the obtained results, a static analysis of stress propagation and displacements was performed.

2. Results and discussion

The results show that the energy applied to the material during welding gradually spreads over time in the form of heat from the weld. In the case of butt and tee joints, heat causes stresses to occur in the areas around the weld. The exception is a corner joint in which the stresses are distributed evenly thou they greatest accumulation takes place in the central area of the boundary between the welded material and the weld. The displacements are most

visible in the case of tee joints and least visible in the case of butt joints. The simulation results for all three models are shown in Fig. 5-7. These drawings show the results for temperature, stresses and displacements resulting from welding. The results of the maximum displacements obtained in the simulation are summarized in Tab. 2.

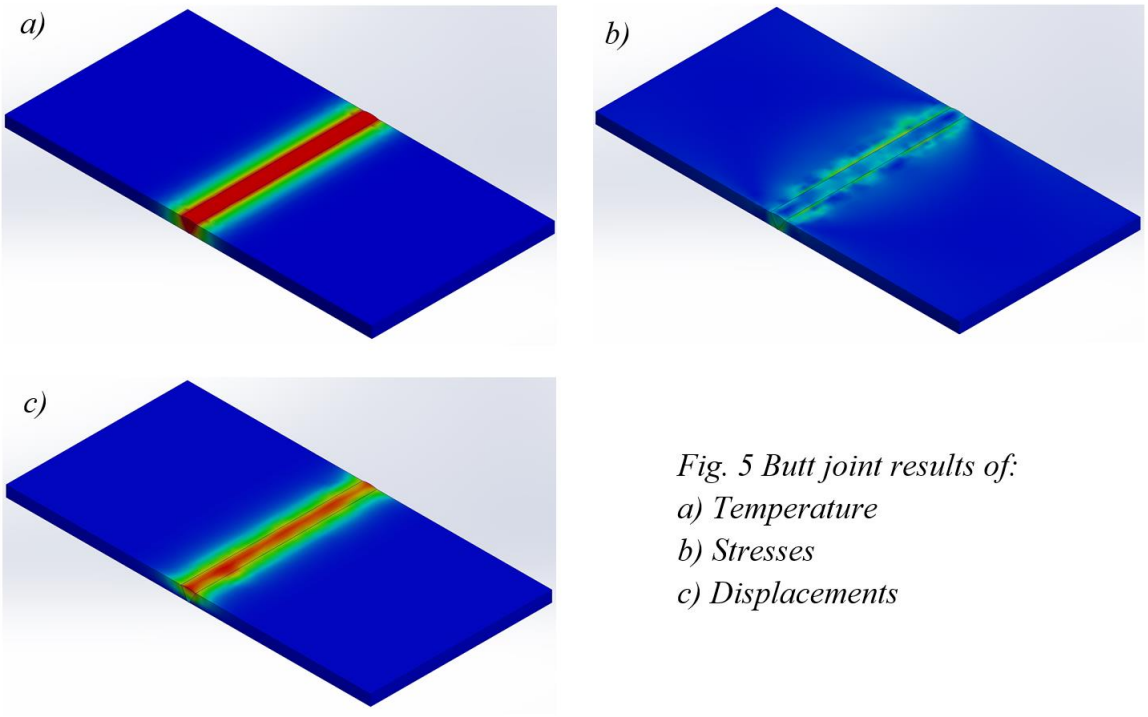


Fig. 5 Butt joint results of:
a) Temperature
b) Stresses
c) Displacements

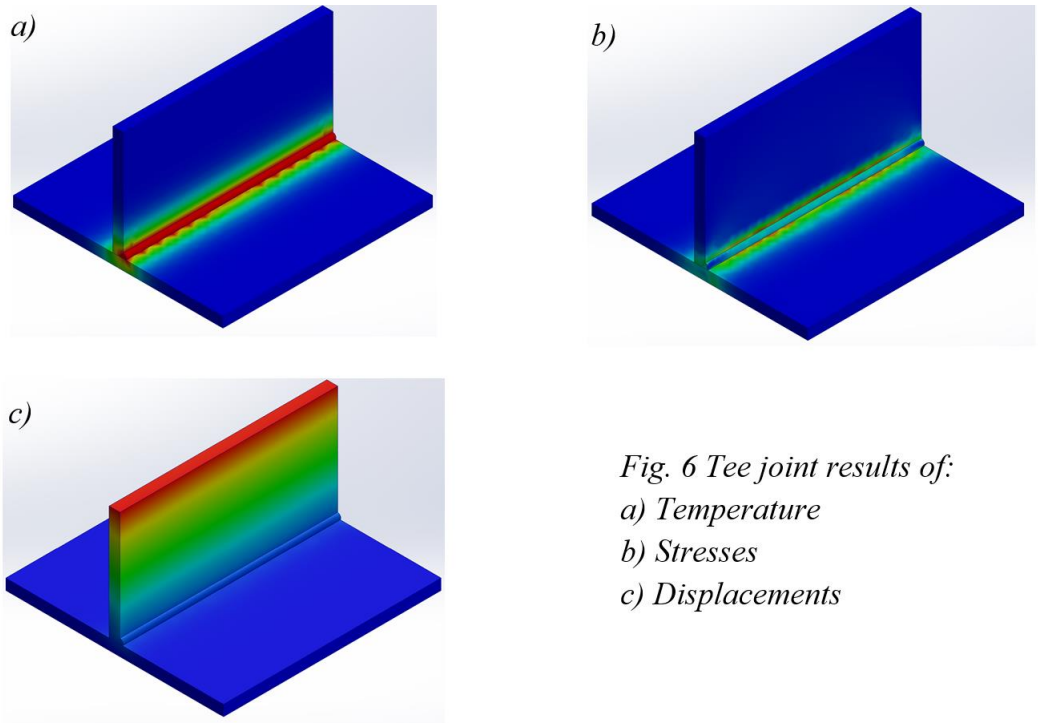


Fig. 6 Tee joint results of:
a) Temperature
b) Stresses
c) Displacements

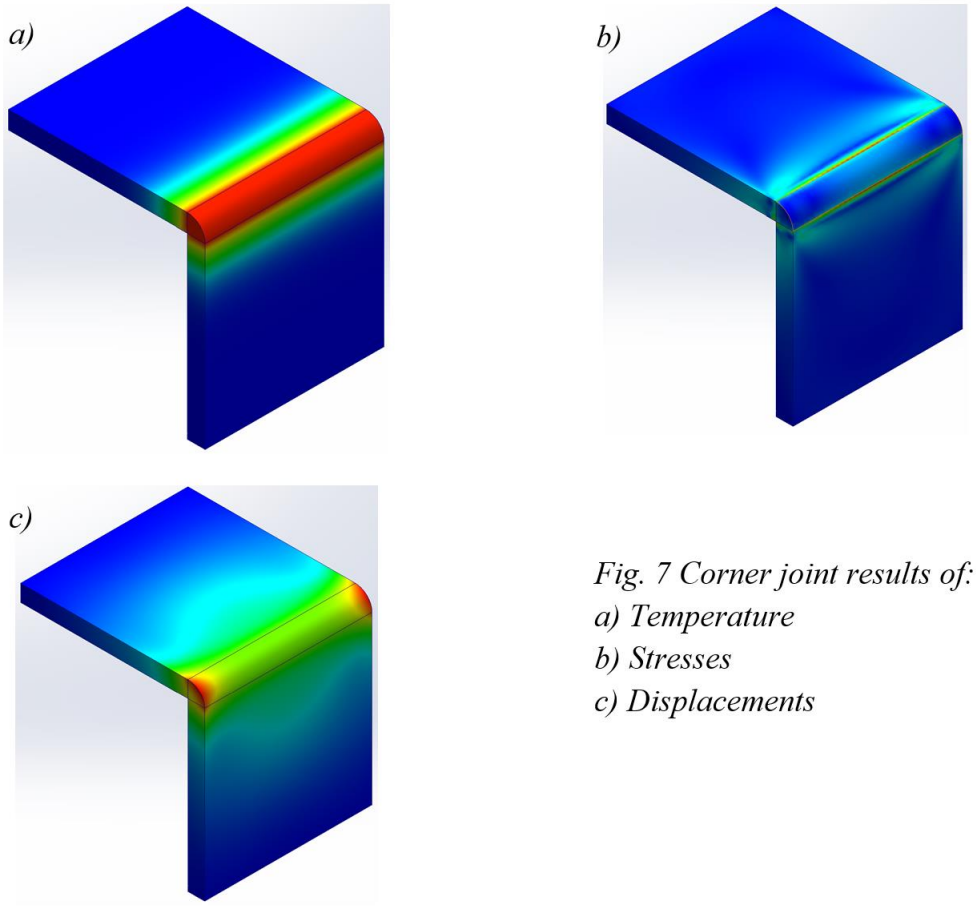


Fig. 7 Corner joint results of:
a) Temperature
b) Stresses
c) Displacements

Tab. 2. Maximum displacement values

Joint types	Butt	Tee	Corner
[mm]	0,6	2	0,9

Computer simulation showed that the largest displacements occurred in the case of tee joint. This is due to the greatest possibility of movement of the bonded element relative to the other because, unlike the others, it did not lie on the base but directly on the bonded element. The results of stress simulations showed that in the case of tee joints, they are distributed evenly, but they do not accumulate directly on the areas near the weld, but at a certain distance from it. The greatest stresses outside the contact surfaces of the joint and the elements being jointed occur at the edges of these elements.

References

1. Ferenc K., Spawalnictwo, Wydawnictwo Naukowe PWN, December 2016.
2. Ferenc K., Ferenc J.: Konstrukcje spawane. Połączenia, Wydawnictwo Naukowe PWN, July 2018.
3. Holdheide C. J.: 287 Welding Project Ideas, June 2023.
4. Bonek M., Śliwa A., Mikuła J.: Computer simulation of the relationship between selected properties of laser remelted tool steel surface layer, Applied Surface Science Volume 388, Part A, 1 December 2016, Pages 174-179
5. Kimpel A., Lisiecki A., Figiel T.: Spawanie laserem diodowym dużej mocy stali austenitycznej, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich, 2002

6. Bower L., Mcphillips H., Jeffus L. F., Mcphillips D. C..: Welding Skills, Processes and Practices, Cengage Learning Emea, 2013.
7. MKS Instruments Handbook Second Edition Semiconductor Devices and Process Technology
8. Troughton M. J.: Handbook of Plastics Joining, September 18, 2008
9. Czerwinski F.: Welding and Joining of Magnesium Alloys, Bolton, Ontario Canada, January 2011.
10. Brytan Z., Niagaj J., Pakieła W., Bonek M.: FEM modeling of lean duplex stainless steel welding, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Volume 70, Issue 1, May 2015.

ФІНАНСОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД В УМОВАХ ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ

Форкун І., Руденко В.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. Сучасна теорія і практика бюджетного регулювання супроводжується новими викликами, які стоять перед територіальними громадами в контексті їх фінансового забезпечення та розвитку, що пов'язано із повномасштабним російським вторгненням.
Авторами проаналізовано сучасний стан фінансового забезпечення розвитку територіальних громад України в умовах реалізації реформи децентралізації, як однієї з базових реформ, що забезпечує шлях до подальших прогресивних перетворень. Встановлено, що їх фінансова діяльність передбачає: вибір оптимальної структури джерел фінансування; збалансування доходів і видатків у часі; вибір оптимальних напрямків використання фінансових ресурсів; збереження необхідного рівня ліквідності; ефективне управління зобов'язаннями. Узагальнено сучасні підходи до класифікації джерел фінансових ресурсів територіальних громад. Акцентовано увагу на тому, що бюджетні джерела фінансування територіальних громад є основною формою фінансування. На виконання інвестиційних програм і проєктів, що передбачають розвиток регіонів та відповідають пріоритетам, визначеним Державною стратегією регіонального розвитку і регіональними стратегіями розвитку спрямовуються кошти Державного фонду регіонального розвитку у визначених законодавством пропорціях.
В умовах повномасштабної війни в Україні та нестачі фінансового ресурсу привабливими джерелами фінансування стають грантові кошти, які мають цільову спрямованість, надаються для забезпечення фінансування місцевого розвитку, не передбачають виникнення боргових зобов'язань та сплату відсотків за користування, надаються на безповоротній основі. Однак, особливостями такого фінансування є високий рівень конкуренції і складна конкурсна основа відбору переможців.
В рамках розроблення Стратегії розвитку громади доцільно здійснювати оцінку рівня її спроможності за критеріальними показниками, що сприятиме досягнення стабільного зростання якості та безпеки життя населення, збалансованого та узгодженого розвитку економіки громади, ефективного використання та ощадливого ставлення до природного потенціалу, збереження довкілля, а також врахування стратегічних інтересів держави.
З метою забезпечити реалізації стратегічних завдань розвитку Старосинявської ОТГ Хмельницької області проведено оцінку її спроможності на базі соціально-економічних показників, які безпосередньо впливають на розвиток громади. Розраховані значення узагальнюючого оціночного показника рівня спроможності Старосинявської ОТГ попадають в шкалу від 3,9 до 5 і вказують на високий рівень спроможності, однак вони відповідають найнижчому рівню градації, що при неефективному фінансовому управлінні може привести до зниження рівня фінансової спроможності.
Для подолання проблем та негативних наслідків необхідно стратегічні напрями розвитку спрямовувати на підвищення рівня податкоспроможності громад шляхом забезпечення зростання власних надходжень (особливо податкових), залучення позабюджетних джерел фінансування в економіку громад та передбачити реалізацію місцевих програм підтримки та розвитку за пріоритетними напрямами в контексті забезпечення сталого соціально-економічного розвитку.
Ключові слова: Територіальна громада, децентралізація, фінансування, стратегія розвитку.

Вступ. Збалансованість фінансової системи України та ефективність її функціонування можлива лише за умови забезпечення фінансової самостійності та фінансової спроможності кожної окремої території. Сучасна теорія і практика бюджетного регулювання супроводжується новими викликами, які стоять перед територіальними громадами (ТГ) в контексті їх фінансового забезпечення та розвитку, що пов'язано із повномасштабним російським вторгненням. А тому досягнення реальної

фінансової самостійності та фінансової спроможності місцевого самоврядування в умовах децентралізації та воєнного стану є важко вирішуваним завданням і потрібує комплексної оцінки та обґрунтування, що й свідчить про актуальність обраної теми дослідження.

Теоретичним та прикладним засадам фінансового забезпечення розвитку територіальних громад в умовах децентралізації присвячено праці вітчизняних та зарубіжних вчених-економістів, зокрема: Борщ Г., Варцаба В., Васильченко Г., Гдзь Л., Кириленко О., Крайник О., Нікіфоров П., Павлович-Сенета Я., Пилипенко Я., Подзізей О. та ін.

Високо оцінюючи наукові здобутки зазначених вчених-економістів у досліджувані даних питань, необхідно відмітити, що в умовах децентралізації та воєнного стану в Україні немає однозначних відповідей на ряд запитань щодо оптимальної структури джерел фінансування розвитку територіальних громад.

Виклад основного матеріалу дослідження. Наразі Україна знаходиться на такому етапі, коли в умовах повномасштабного російського вторгнення необхідно забезпечувати функціонування і розвиток всіх ланок фінансової системи нашої держави, встановлювати довготривалі відносини та співпрацю з провідними країнами світу, реалізувати євроінтеграційний вектор розвитку. Однією з базових реформ, що забезпечує шлях до подальших прогресивних перетворень є реформа децентралізації управління [1]. Досвід країн Європейського Союзу (ЄС) довів, що рушійною силою соціального та економічного розвитку територій є місцеве самоврядування.

Децентралізація в Україні - це не просто передача повноважень, ресурсів та компетенції вирішувати основні питання життя на найбільш наближеному до людини рівні, де це можна зробити найефективніше (відповідно до принципу субсидіарності), а створення базового суб‘єкта місцевого самоврядування - спроможної територіальної громади [2].

В Україні місцеве самоврядування здійснюється територіальними громадами сіл, селищ, міст як безпосередньо, так і через сільські, селищні, міські ради та їх виконавчі органи, а також через районні та обласні ради, які представляють спільні інтереси територіальних громад сіл, селищ, міст [3].

Територіальні громади самостійно визначають перспективи свого розвитку відповідно до потреб та позицій їх мешканців. Держава у даному процесі виконує захисну та регуляторну функцію. Таким чином, територіальна громада займає одне із провідних місць у контексті формування фундаменту якісно нової системи місцевого самоврядування.

Фінансова діяльність територіальних громад передбачає: вибір оптимальної структури джерел фінансування; збалансування доходів і видатків територіальних громад у часі; вибір оптимальних напрямків використання фінансових ресурсів; збереження необхідного рівня ліквідності; ефективне управління зобов’язаннями.

Функціонування органів місцевого самоврядування забезпечує їх легітимність та достатні фінансові ресурси. Тобто вони повинні сприйматись як провідний інститут для забезпечення загальновизнаних суспільством норм і цінностей (критеріями легітимності є те, що оцінка власної діяльності органів місцевого самоврядування повинна збігатися з оцінками тих, на кого її спрямовують) та мати змогу нагромаджувати кошти зі своїх джерел для забезпечення суспільного добробуту на місцевому рівні [4].

Фінансові ресурси слід розглядати як надзвичайно важливий вид ресурсного забезпечення громади. Класифікація джерел фінансових ресурсів ТГ в розрізі бюджетних, кредитних, грантових, інвестиційних та інші їх видів подана в таблиці 1.

Таблиця 1. Класифікація джерел фінансових ресурсів територіальних громад

Джерела фінансування діяльності ТГ	Види джерел фінансових ресурсів	Особливості джерел фінансування
Бюджетні	- кошти державного бюджету - дотації та субвенції; - кошти місцевих бюджетів - надходження від податків та зборів, від оренди та продажу об'єктів комунальної власності; - кошти Державного фонду регіонального розвитку - фінансування проєктів ТГ	Фінансові ресурси державного та місцевих бюджетів, які використовуються для забезпечення соціально-економічного розвитку ТГ
Кредитні	- кредити вітчизняних та іноземних банків; - кредити інших фінансово-кредитних установ; - кредити міжнародних організацій та фондів; - р-2-р кредитування	Кредитні ресурси, які можуть залучатися радою ТГ, комунальними підприємствами, приватними суб'єктами господарювання і використовуватися ними на умовах строковості, платності та поверненості. Використання кредитних ресурсів здійснюється в межах видатків бюджету ТГ, самостійного управління та виконання зобов'язань за ними комунальними підприємствами та приватними суб'єктами господарювання, де рада ТГ може виступати в ролі гаранта
Грантові	- державна грантова підтримка**;** - гранти від національних та міжнародних донорських організацій; - проєкти та програми міжнародної технічної допомоги	Фінансові ресурси, які отримані для забезпечення фінансування розвитку ТГ і є безповоротними, не передбачають виникнення боргових зобов'язань та сплати відсотків за користування ними
Інвестиційні	- краудінвестинг; - використання цінних паперів; - інвестування в інноваційні проекти; - інвестування в інфраструктурні проекти; - муніципальні облігації	Фінансові ресурси, які акумулюються для потреб ТГ і спрямовуються на реалізацію конкретного проекту чи програми вони передбачають залучення значних обсягів фінансових ресурсів, зокрема й на умовах спільного інвестування, тривалий термін їх використання та розподіл потенційних прибутків і ризиків між суб'єктами інвестування.
Інші	- благодійні внески від мешканців ТГ чи зовнішніх осіб або організацій; - краудфандинг; - фінансові ресурси, одержані в результаті реалізації проєктів корпоративної соціальної відповідальності суб'єктів господарювання, що функціонують на території громади	Фінансові ресурси, що акумулюються для потреб ТГ і використовуються для реалізації конкретного проекту чи програми, мають безповоротну основу, тривалий термін використання, розподіл потенційних прибутків і ризиків здійснюється між суб'єктами інвестування.

Джерело: складено за даними [5, 6]

Бюджетні джерела фінансування ТГ є основною формою фінансування. Такі фінансові ресурси можуть надаватися у вигляді цільових та нецільових надходжень, а використовуються зазвичай на розвиток інфраструктури територіальної громади, а також для забезпечення потреб соціального та економічного розвитку її населення [6].

Провідне місце серед фінансових ресурсів, що нагромаджуватимуться на відповідній території, посідає централізований фонд фінансових ресурсів – місцевий бюджет, розмір якого безпосередньо визначає реальний обсяг повноважень органів місцевого самоврядування (ОМС), що може бути реалізований в поточному бюджетному періоді. В місцевому бюджеті передбачається збалансування доходів і видатків для забезпечення виконання власних та делегованих повноважень, що покладаються на

органи місцевого самоврядування. Склад доходів і видатків місцевого бюджету в розрізі загального та спеціального фондів подано на рисунку 1.

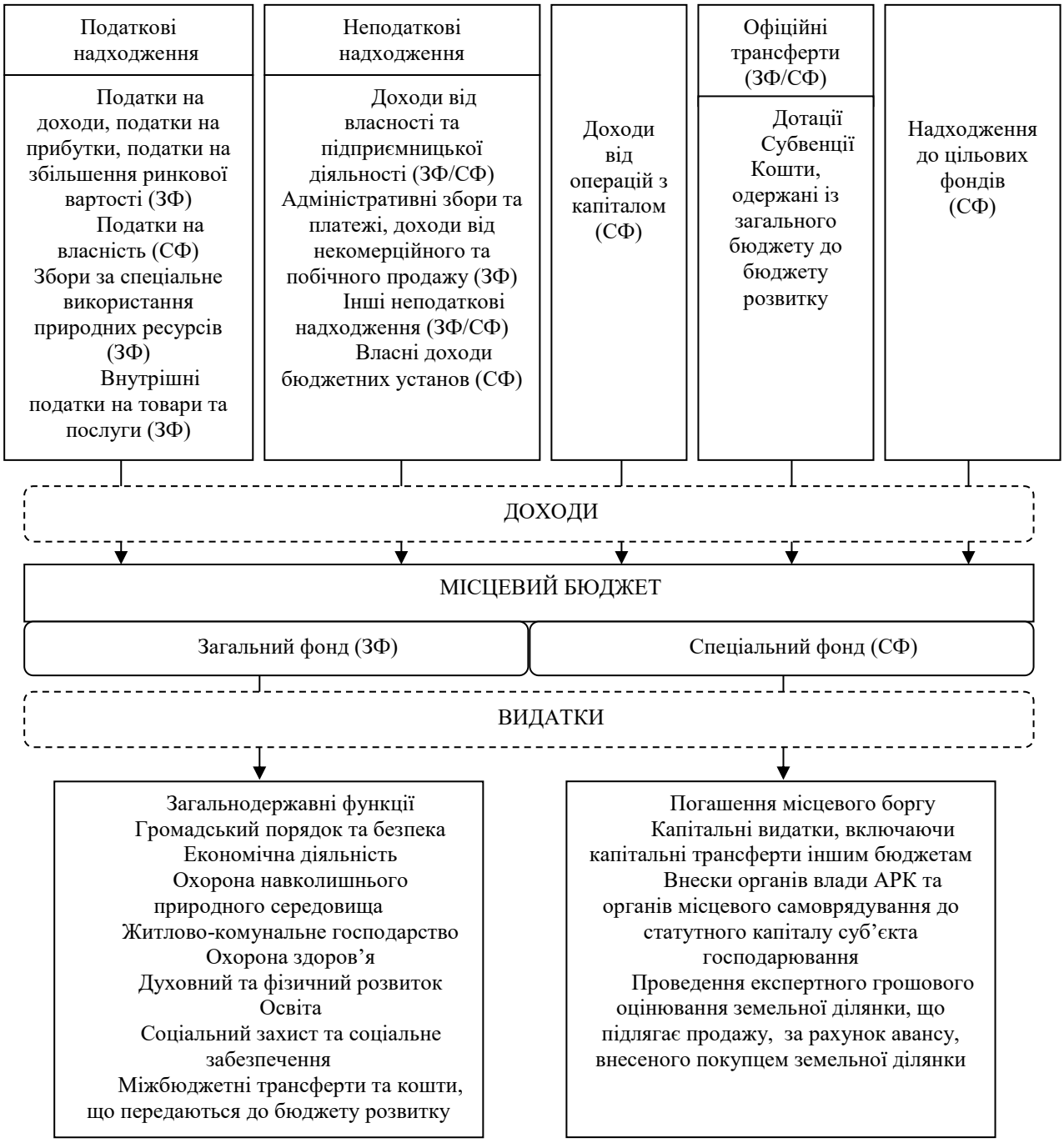


Рис. 1. Склад доходів і видатків місцевого бюджету

Джерело: складено за матеріалами [5, 7]

У Бюджетному кодексі України та законі про Державний бюджет України безпосередньо визначається склад доходів місцевих бюджетів, які відповідно до вимог даних нормативних документів зараховуються до загального чи спеціального фонду місцевого бюджет. У складі надходжень спеціального фонду місцевого бюджету виділяються надходження бюджету розвитку [3].

Кошти державного бюджету, які передаються до місцевих бюджетів у вигляді дотацій та субвенцій, затверджуються законом про Державний бюджет України для

кожного місцевого бюджету відповідно до положень Бюджетного кодексу України, можуть розподілятися радами відповідного рівня між відповідними місцевими бюджетами та використовуватися для забезпечення фінансування спільних проектів відповідних ТГ.

Державний фонд регіонального розвитку (ДФРР) створюється у складі державного бюджету, визначається в обсязі не менше 1,5 % прогнозного річного обсягу доходів ЗФ проєкту Державного бюджету України на відповідний бюджетний період. Кошти ДФРР спрямовуються на виконання інвестиційних програм і проєктів регіонального розвитку, що передбачають розвиток регіонів та відповідають пріоритетам, визначеним Державною стратегією регіонального розвитку [8] і регіональними стратегіями розвитку, у наступних пропорціях:

– 30 % - на реалізацію інвестиційних програм і проектів регіонального розвитку, які забезпечують виконання завдань, визначених Державною стратегією регіонального розвитку;
– 70 % - на реалізацію інвестиційних програм і проектів регіонального розвитку, які забезпечують виконання завдань, визначених відповідними регіональними стратегіями розвитку та планами заходів з їх реалізації [5].

На реалізацію інвестиційних програм і проєктів регіонального розвитку, що передбачають розвиток регіонів у частині розвитку спортивної інфраструктури, планується не менше 10 % коштів ДФРР.

Рішеннями про місцевий бюджет визначаються види видатків, які здійснюються ОМС на потреби ТГ, а також їх розмір і цільове спрямування. Видатки, пов'язані із здійсненням відповідними радами заходів із забезпечення спільних інтересів територіальних громад визначаються рішеннями про районний та обласний бюджети.

Формування видатків місцевого бюджету здійснюється відповідно до їх розмежування між рівнями бюджетів, визначеного Бюджетним кодексом України [5], для забезпечення виконання повноважень органів місцевого самоврядування.

Видатки місцевого бюджету здійснюються із ЗФ та СФ місцевого бюджету відповідно до вимог Бюджетного кодексу та закону про Державний бюджет України на відповідний рік. У складі витрат СФ місцевого бюджету виділяються витрати бюджету розвитку, які в подальшому спрямовуються на реалізацію програм соціально-економічного розвитку відповідної території, пов'язаної із здійсненням інвестиційної діяльності, здійснення інших заходів, пов'язаних з розширеним відтворенням, а також на погашення місцевого боргу [3].

Кредитні джерела фінансування діяльності ТГ включають кредити вітчизняних та іноземних банків, кредити інших фінансово-кредитних установ. Слід відмітити щорічне збільшення кількості програм різних організацій, фондів, держав чи об’єднань держав, які передбачають кредитування для реалізації соціальних та інших проектів. Метод р-2-р кредитування створено для динамічного економічного середовища, не передбачає тривалих процедур перевірки та інших труднощів, які характері для традиційних банківських позик. Грантові джерела фінансування діяльності ТГ передбачають одержання фінансових ресурсів за рахунок державної грантової підтримки, національних та міжнародних донорських організацій, за проєктами чи програмами міжнародної технічної допомоги. Такі джерела фінансування мають цільову спрямованість і надаються для забезпечення фінансування місцевого розвитку, не передбачають виникнення боргових зобов’язань, не передбачають сплату відсотків за користування і надаються на безповоротній основі. Особливостями такого фінансування є те, що досить часто зустрічається високий рівень конкуренції і складна конкурсна основа відбору переможців. Також вона потребує фахового використання іноземних мов,

належного інформаційного забезпечення тощо. Гранти не підлягають поверненню, це є безризиковий спосіб отримання необхідного фінансування.

Інвестиційні джерела фінансового забезпечення діяльності ТГ характеризуються залученням фінансових ресурсів, що акумулюються для потреб громади і використовуються для реалізації конкретного проекту чи програми. В даному процесі виникають певні зобов'язання перед інвестором щодо виплати відсотків чи дивідендів, надання об'єкта у користування інвестору тощо. Однак він передбачає залучення значного обсягу фінансових ресурсів до ТГ, тривалий термін їх використання, характеризується розподілом ризиків між суб'єктами інвестування відповідно до потенційних прибутків. Краудінвестинг як альтернативний фінансовий інструмент для залучення капіталу в стартапи і підприємства малого бізнесу від широкого кола мікроінвесторів, що передбачає отримання інвестицій від значної кількості донорів за допомогою спеціальних платформ чи посередників.

Таким чином, реформа децентралізації, яка триває в Україні з 2014 року і пройшла нелегкий етап її запровадження і реалізації, що дозволило забезпечити передачу від органів виконавчої влади до органів місцевого самоврядування значної частини повноважень, ресурсів та відповідальності. Вона дала можливість систематизувати видаткові повноваження, закріпити за кожною із ланок місцевого самоврядування відповідні функції та фінансові ресурси, необхідні для реалізації цих функцій. Органи місцевого самоврядування наділені також переліком повноважень, які їм делегуються для виконання, а також та фінансові ресурси, необхідні для реалізації цих повноважень, що передаються у вигляді міжбюджетних трансфертів.

Спроможні територіальні громади - територіальні громади сіл, селищ, міст, які в результаті добровільного об'єднання (добровільного приєднання до об'єднаної територіальної громади) здатні самостійно або через відповідні органи місцевого самоврядування забезпечити належний рівень надання публічних послуг, зокрема у сфері освіти, культури, охорони здоров'я, соціального захисту, житлово-комунального господарства, з урахуванням кадрових ресурсів, фінансового забезпечення та розвитку інфраструктури відповідної адміністративно-територіальної одиниці [9].

Оціночний рівень спроможності ТГ визначається на основі суми числових значень критеріїв оцінки рівня спроможності (таблиця 2) та становить:

- від 1,5 до 2,1 - низький рівень спроможності;
- від 2,2 до 3,8 - середній рівень спроможності;
- від 3,9 до 5 - високий рівень спроможності.

Таблиця 2. Критерії оцінки рівня спроможності територіальних громад

Найменування критерію	Показник	Числове значення критерію
1. Чисельність населення, що постійно проживає на території спроможної територіальної громади	до 3 тис. осіб	0,3
	від 3 до 7 тис. осіб	0,6
	більш як 7 тис. осіб	1
2. Чисельність учнів, що здобувають освіту в закладах загальної середньої освіти, розташованих на території спроможної територіальної громади	до 300 осіб	0,3
	від 300 до 500 осіб	0,6
	більш як 500 осіб	1
3. Площа території спроможної територіальної громади	до 200 кв. км	0,3
	від 200 до 400 кв. км	0,6
	більш як 400 кв. км	1
4. Індекс податкоспроможності бюджету спроможної територіальної громади	до 0,3	0,3
	від 0,3 до 0,9	0,6
	більш як 0,9	1
5. Частка місцевих податків та зборів у доходах бюджету спроможної територіальної громади	до 20 відсотків	0,3
	від 20 до 40 відсотків	0,6
	більш як 40 відсотків	1

Джерело: складено за матеріалами [9]

Розраховані результати оцінки рівня спроможності ТГ враховуються під час розроблення проєкту (чи внесення змін до проєкту) перспективного плану її розвитку.

З метою досягнення стабільного зростання якості та безпеки життя населення Старосинявської ОТГ Хмельницької області, збалансованого та узгодженого розвитку економіки громади, ефективного використання та ощадливого ставлення до природного потенціалу, збереження довкілля, а також із врахуванням стратегічних інтересів держави розроблено Стратегію розвитку [10], яка концентрується на ключових, найперспективніших напрямках і враховує:

- зміни зовнішніх і внутрішніх умов, викликів та загроз, пов'язаних з військовою агресією росії, у яких відбувається розвиток самої ОТГ, Хмельницької області та країни загалом;
- зміни підходів щодо управління територіальним розвитком, які передбачають посилення ролі громад у власному розвитку та стратегічному плануванні, що ґрунтується на ефективному використанні ресурсів, посиленні згуртованості *територіальної* громади та розвитку людського капіталу;
- необхідність розробки єдиного стратегічного документа, який відповідає європейським стандартам;
- необхідність визначення напрямів розвитку Старосинявської ОТГ з урахуванням реформи децентралізації системи державного управління.

Основою для вибору пріоритетів розвитку Старосинявської ОТГ став SWOT-аналіз громади, який дозволив виявити взаємозв'язки між «внутрішніми» (сильні та слабкі сторони) і «зовнішніми» (можливості та загрози) факторами, що мають стратегічне значення для громади (таблиця 3).

За результатами проведеного SWOT-аналізу Старосинявської ОТГ визначено три базові напрями концентрації зусиль громади, які ґрунтуються на амбітному баченні майбутнього соціально-економічного розвитку громади і на трьох ретельно відібраних стратегічних напрямах, в кожному з яких визначено стратегічні та операційні цілі (таблиця 4) [10]:

- економічний розвиток території, оскільки використовуючи процеси реформування економіки нашої держави та наявний у громади потенціал, який ще до кінця не досліджений та не задіяний, можна досягти значних позитивних результатів у цій сфері». Генеруючим фактором сприяння економічному розвитку ОТГ є повноцінне використання наявних ресурсів (земельних, водних, лісових і ін.) на користь громади з метою забезпечення її фінансової стабільності. Для повноцінного використання ресурсного потенціалу необхідно: забезпечити впорядкування містобудівної документації та інвентаризації ресурсів для створення продукту для місцевого та зовнішнього інвестора, формування привабливого інвестиційного клімату та полегшення ведення бізнесу. Громада має стати відкритою для інвестицій з акцентом на підприємства переробки сільськогосподарської сировини та виробництва харчових продуктів. Крім того, Старосинявська ОТГ має значну кількість історичних пам'яток, рекреаційних та природних об'єктів, а тому необхідно активно та ефективно використовувати туристичний потенціал. Тому громаді необхідно формувати позитивний імідж та створити привабливий бренд на основі своєї унікальності та конкурентних переваг. Паралельно необхідно популяризувати інвестиційні можливості та продукти громади на внутрішньому та зовнішньому ринках, проводити рекламу інвестиційних ресурсів та оприлюднювати умови для розміщення інвестицій на території громади, формувати імідж громади як території зі сприятливим інвестиційним кліматом та спроможною владою до плідної співпраці на паритетних умовах задля покращення

рівня та якості життя населення;

- розвиток інфраструктури та сфери комунальних послуг, оскільки саме тут існує найбільше відставання у якості життя громадян, що призводить до негативних соціальних та демографічних наслідків, але, разом з тим, території громади мають великі можливості та потенціал для залучення інвестицій.

Таблиця 3. Матриця SWOT-аналізу Старосинявської ОТГ

СИЛЬНІ СТОРОНИ S (ВНУТРІШНІ)	СЛАБКІ СТОРОНИ W (ВНУТРІШНІ)
1. Проходження територіальних автомобільних доріг державного значення через територію громади, розміщення на невеликій відстані від обласних центрів - Хмельницького та Вінниці, розвинені транспортні сполучення та перевезення. 2. Наявність сприятливої бази (вільні промислові площі, трудові ресурси, сировина) для створення переробних підприємств на території громади. 3. Розвинена галузь вирощування сільськогосподарських культур завдяки потужним сільгоспвиробникам, дрібним фермерам, одноосібникам. 4. Досить вагома частка малого та середнього бізнесу, особливо в торгівлі, сільському господарстві. 5. Працездатне населення складає більше половини всього населення. 6. Родовища корисних копалин: граніту, піску, глини, жерстви, тощо. 7. Наявність річок, ставків, рекреаційних місць, відносно екологічно чиста територія громади. 8. Збережені історико-культурні об'єкти для розвитку світоглядного пізнавального туризму. 9. Творчі колективи одні з найкращих в області та популяризують громаду в області та Україні. 10. Наявність громадських організацій, які приймають активну участь у розвитку громади.	1. Відсутність містобудівної документації – генеральних планів населених пунктів. 2. Погіршення демографічної ситуації через високий рівень безробіття та відтік працездатного населення. 3. Низька якість дорожнього покриття між населеними пунктами громади, а також сіл та селища. 4. Недостатній рівень медичного обслуговування населення через відсутність необхідного медичного обладнання, дефіцит кадрів в медичних закладах. 5. Потребує оновлення матеріально - технічна та навчально-методична база освітніх закладів. 6. Застарілі інженерні мережі водопостачання, водовідведення, відсутність каналізаційних мереж, проблема очисних споруд в смт. Стара Синява 7. Забрудненість придорожніх зон, берегів рік, лісосмуг стихійними сміттєзвалищами через недосконалу систему збору та утилізації сміття. 8. Відсутність облаштованих місць для масового відпочинку, зокрема пляжів для дорослих та дітей, майданчиків, парків тощо 9. Збільшення випадків асоціальної поведінки, особливо серед молоді. 10. Не значна частка дітей та молоді, досить вагома питома частка населення старшого віку.
МОЖЛИВОСТІ О (ЗОВНІШНІ)	ЗАГРОЗИ Т (ЗОВНІШНІ)
1. Поглиблення інтеграції з ЄС, відкриття ринків країн ЄС, зростання попиту на продукти харчування стимулюватиме їх вирощування та створення переробки. 2. Використання місцевих природних ресурсів для створення підприємств (виготовлення цегли, пелетів з відходів агропродукції, щебеневої продукції тощо). 3. Участь в Державних, регіональних Програмах, у Європейських проектах розвитку громад, залучення коштів міжнародної матеріальної допомоги, Фонду регіонального розвитку для поліпшення стану інфраструктури громади. 4. Зростання попиту на туризм оздоровчого, світоглядного та рекреаційного характеру в Україні та світі. 5. Продовження державного курсу децентралізації та посилення фінансової підтримки об'єднаних громад.	1. Згортання державних реформ та підтримки децентралізації. 2. Зниження рівня життя через фінансову та економічну кризи, знецінення національної грошової одиниці. 3. Військовий стан в Україні. 4. Нестабільність державного законотворення, зокрема в податковій системі призведе до збільшення тіньового підприємництва. 5. Високий рівень корупції - несприятливий інвестиційний клімат 6. Непосильне перекладання на місцеві органи самоврядування державних функцій соціального захисту населення. 7. Зростання цін на енергоносії – додаткові видатки з бюджету. 8. Екологічні та техногенні катастрофи.

Джерело: складено за матеріалами [10]

В рамках розвитку інфраструктури Старосинявської ОТГ першочергово мають бути враховані такі складові як:

- транспорт, житлово-комунальне господарство, енергетика, рекреаційна система та екологія, проведено оптимізацію мережі бюджетних закладів та соціальних установ, створено умови для надання якісних послуг, що є одними із найбільш важливих систем для нормального проживання населення. А створення прозорого та дієвого механізму стимулювання ідей та ініціатив розвитку громади, має важливе значення, оскільки дозволить громадян відчути себе рівноправною частиною громади на рівні з місцевим самоврядуванням, гвинтиком механізму, від якого також залежить загальний розвиток ОТГ;

Таблиця 4. Стратегічні та операційні цілі розвитку Старосинявської ОТГ

Стратегічні напрями	Операційні цілі
Економічний розвиток території	1. Підвищення конкурентоздатності території громади: - використання наявного ресурсного потенціалу території для економічного розвитку; - формування сприятливого середовища для залучення інвестицій. 2. Розвиток малого та середнього бізнесу, ріст доходів домогосподарств населення: - ефективна діяльність особистих селянських господарств; - розвиток підприємництва; - розвиток світоглядного, зеленого та спортивного туризму
Розвиток інфраструктури та сфери комунальних послуг	1. Поліпшення об'єктів інфраструктури для підвищення стандартів життя населення: - доступність та якість транспортного сполучення, належне водо-забезпечення та водовідведення; - благоустрій населених пунктів. 2. Вдосконалення сфери надання та споживання житлово-комунальних послуг: - забезпечення належної матеріально–технічної бази для надання якісних комунальних послуг; - політика енергетичної незалежності та економії ресурсів
Розвиток людського ресурсу громади	1. Якісна освіта, високий культурний рівень, патріотичне виховання молоді: - надання якісних освітніх послуг; - естетичне та духовно- патріотичне виховання молоді, становлення її активної громадської позиції. 2. Збереження людського капіталу: - ефективне медичне обслуговування та збільшення періоду активного способу життя громадян; - належний соціальний захист громадян та сімей, що потребують державної підтримки; - безпека проживання та захист громадян; 3. Активна громада та довіра до влади: - ефективний зв'язок між громадянами та владою; - підтримка громадської активності

Джерело: складено за матеріалами [10]

- розвиток людського ресурсу громади, оскільки дуже важливо щоб разом із розвитком та поліпшенням матеріальних основ території, розвивався і людський потенціал, зокрема в питаннях участі в управлінні територією, виховання творців свого краю та держави, поліпшення освітнього та культурного рівня, збереження духовних джерел та ідентичності. Найважливішими факторами для забезпечення розвитку людського ресурсу ОТГ є здоров'я жителів, доступність та якість освіти, фактичний дохід громадян, умови проживання і відпочинку. А тому забезпечення якісної освіти і

медицини, соціального обслуговування незахищених верств населення, стимулювання до здорового способу життя, естетичного та духовно-патріотичного виховання і розвитку молоді є досить важливими факторами, які спрямовані на формування самосвідомості прийдешнього людського потенціалу, від якого залежить майбутня доля громади та її розвиток.

З метою забезпечити реалізації стратегічних завдань розвитку Старосинявської ОТГ Хмельницької області нами проведено оцінку її спроможності на основі критеріїв зазначених в таблиці 2, що характеризують основні її соціально-економічні показники і безпосередньо впливають на розвиток громади (таблиця 5).

Розраховані значення узагальнюючого оціночного показника рівня спроможності Старосинявської ОТГ попадають в шкалу від 3,9 до 5 і вказують на високий рівень спроможності, однак вони відповідають найнижчому рівню градації, що при неефективному фінансовому управлінні може привести до зниження рівня фінансової спроможності.

Таблиця 5. Критеріальна оцінка рівня спроможності Старосинявської ОТГ в 2020-2022 роках

Найменування критерію	Показник по ОТГ			Числове значення критерію по ОТГ		
	2020р.	2021р.	2022р.	2020р.	2021р.	2022р.
1. Чисельність населення, що постійно проживає на території спроможної територіальної громади, осіб	19993	18771	18378	1	1	1
2. Чисельність учнів, що здобувають освіту в закладах загальної середньої освіти, розташованих на території спроможної територіальної громади, осіб	1502	1468	1572	1	1	1
3. Площа території спроможної територіальної громади, кв. км	662,22	662,22	662,22	1	1	1
4. Індекс податкоспроможності бюджету спроможної територіальної громади	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,6
5. Частка місцевих податків та зборів у доходах бюджету спроможної територіальної громади (з трансфертами), %	18,0	17,7	19,8	0,3	0,3	0,3
УЗАГАЛЬНЮЮЧИЙ ОЦІНОЧНИЙ ПОКАЗНИК РІВНЯ СПРОМОЖНОСТІ ОТГ				3,9	3,9	3,9

Джерело: розраховано авторами

Висновок. Підводячи підсумок, слід зазначити, що соціально-економічний розвиток та фінансове забезпечення ТГ на сучасному етапі розвитку ринкових відносин в поєднанні з викликами та загрозами воєнної агресії росії є динамічним і складним процесом, який повинен відповідати як національним пріоритетам, так і забезпечувати зростання регіональних доходів і супроводжуватись підвищенням якості життя населення через забезпечення їх матеріальними та суспільними благами (освіта, медицина, безпека життєдіяльності тощо).

Такий розвиток територіальних громад в умовах децентралізації та військового стану повинен ґрунтуватись на ефективному використанні концептуальна модель фінансового забезпечення, яка сприятиме підвищенню рівня їх спроможності та забезпечить розвиток і підтримку економічної та соціальної інфраструктури, бізнесу відповідно до суспільних потреб і цілей модернізації і соціально-економічного розвитку території.

Реалізація визначених стратегічних напрямів соціально-економічного розвитку Старосинявської ОТГ в умовах децентралізації та воєнного стану має будуватися та реалізуватися на розвитку наступних напрямів та джерел фінансового забезпечення, а саме:

- розробленні чи коригуванні діючих галузевих цільових програм із деталізацією шляхів досягнення конкретних завдань і заходів та їх забезпеченням необхідними обсягами і джерелами фінансування;
- планування відповідних завдань та заходів в щорічному Плані соціально-економічного розвитку Старосинявської селищної ради;
- активній участь ОТГ в державних та регіональних Програмах з відповідними пріоритетними галузевими напрямами та сферами діяльності;
- залучення на фінансування стратегічних проектів та заходів коштів субвенції ОТГ на розвиток інфраструктури громади;
- залучення на фінансування стратегічних проектів та заходів коштів Державного фонду регіонального розвитку;
- залучення на фінансування стратегічних проектів та заходів коштів програм, фондів та проектів міжнародної технічної допомоги;
- залучення на фінансування стратегічних проектів та заходів коштів суб‘єктів господарювання різних організаційно-правових форм, що провадять фінансово-господарську діяльність на території ОТГ, благочинних фондів та організацій;
- залучення на фінансування стратегічних проектів та заходів на умовах співфінансування та на добровільних умовах коштів мешканців громади.

Загалом слід відмітити, що головним наслідком війни для територіальних громад стало скорочення обсягу фінансових ресурсів, доступних для фінансування інвестиційних проектів та зменшення наповнюваності бюджетів [11]. А тому для подолання проблем та негативних наслідків необхідно стратегічні напрями розвитку спрямовувати на підвищення рівня податкоспроможності громад шляхом забезпечення зростання власних надходжень (особливо податкових), залучення інвестицій в економіку громад та передбачити реалізацію місцевих програм підтримки та розвитку в контексті забезпечення їх сталого соціально-економічного розвитку за пріоритетними напрямами.

Література.

1. Куценко Т. Забезпечення фінансової спроможності територіальних громад як пріоритет децентралізації управління/ Т.Куценко, Я.Сіренко. – Режим доступу: https://core.ac.uk/download/pdf/197277715.pdf

2. Реформа місцевого самоврядування та децентралізація влади [Електронне видання]: Офіційний сайт. – Режим доступу: https://rpr.org.ua/groups-rpr/04detsentralizatsiya/
3. Про місцеве самоврядування в Україні [Електронне видання]: Закон від 21.05.1997 р. № 280/97-ВР. Дата оновлення: 31.03.2023. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-%D0%B2%D1%80#Text
4. Кириленко О. Планування та управління фінансовими ресурсами територіальної громади / О.Кириленко, Б.Малиняк, В.Письменний, В.Русін. - Асоціація міст України. К.: ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ», 2015. 396 с.
5. Бюджетний кодекс України [Електронний ресурс]: Закон від 08.07.2010 р. № 2456-VI. Дата оновлення: 06.05.2023. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-17#Text
6. Джурик Х. Б. Побудова ефективної стратегії управління фінансами об’єднаних територіальних громад / Х.Б.Джурик // Ефективна економіка, 2019. - № 8. – Режим доступу: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7230
7. Nikiforow Petro. Zaopatrzenie finansowe rozwoju miast na Ukrainie: problemy i perspektywy / Petro Nikiforow, Iłona Babuch // Acta Scientifica Academiae Ostroviensis – Режим доступу: http://zn.wsbip.edu.pl/wydania/zeszyt2/sekcjaA/2.PDF
8. Державна стратегія регіонального розвитку на 2021- 2027 роки та план заходів з її реалізації [Електронне видання]: Постанова Кабінету Міністрів України 05.08.2020 р. №695. Дата оновлення: 05.08.2020. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/695-2020-%D0%BF#Text
9. Про затвердження Методики формування спроможних територіальних громад [Електронне видання]: Постанова Кабінету Міністрів України від 08.04.2015 р. №214. Дата оновлення: 31.01.2020. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/214-2015-%D0%BF#n157
10. Стратегія розвитку Старосинявської селищної об’єднаної територіальної громади на 2021-2025 роки [Електронне видання]. – Режим доступу: https://rada.info/upload/users_files/04402824/docs/8d2ce89101c8b8179e35f7402f814a3d.pdf
11. Подзізей О.О. Фінансове забезпечення відновлення конкурентоспроможності територіальних громад в Україні / О.О. Подзізей, Т.І. Коробчук // Економіка та суспільство, 2023. - Вип. 48. – Режим доступу: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2188

APPLICATION OF MICROCT TOMOGRAPHY IN EVALUATING THE INTERNAL GEOMETRY OF 3D PRINTED POLYMER PARTS

Głowacki M.[1], Mazurkiewicz A.[1], Kałaczyński T.[1], Augustyn P.[2], Polishchuk O.[3]
[1] Bydgoszcz University of Sciences and Technology, Poland
[2] Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland
[3] Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The paper shows the possibilities of using MicroCT computed tomography to assess the quality 3D printed plastic parts with using the FDM method. At a selected example show possibilities of detecting damages which occur during the destruction of the parts. Show also possibilities of assessing shape of damages and possibilities of evaluating the distribution filament in volume of sample.
Keywords: plastics, MicroCT computed tomography, 3D printing, FDM method.

Introduction

The purpose of this paper is to show the possibility of using high-resolution computed microtomography (microCT) technique to visualize the internal structure of 3D printed plastic parts.

The non-destructive nature of microCT examination combined with three-dimensional reconstruction and analysis makes it possible to obtain an image or 3D models which show not only the external shapes of the object but also the internal structure, and both on a macro- and micro-scale.

MicroCT images can also be used to build three-dimensional models of the objects and can be used for specific engineering applications. The spatial models can be used for e.g. finite element analysis (FEA) and calculations.

With the increasing use of 3D printing techniques, there is a need to evaluate the quality of its manufacturing. It is also increasingly required to evaluate their behaviour under mechanical load. For this reason, it is often necessary to simulate their behaviour under force. For this purpose, 3D models built on the basis of microCT examination can be used.

Therefore, the microCT technique is a valuable tool in the work of an engineer and is increasingly used in various areas of technology. Knowledge of how to apply this technique and its capabilities is valuable to the engineer, as it can lead to the use of microCT in areas of research where it has not been used before.

2. Description of method

The principle of microCT scanning is shown in Figure 1 [1]. In this method, an X-ray source radiates at the sample and a digital detector. The radiation source produces a cone-shaped beam of X-rays that penetrate the sample and the space surrounding the sample. It creates an image of the object on the X-ray detector. This produces an image that is similar to a classic X-ray picture taken at a medical office, such as when a leg or arm is suspected of being broken.

Most often, during testing, the sample rotates around an axis by a predetermined angle before each image is taken (Fig. 1). When examining larger objects, an arrangement in which the specimen is stationary and the radiation source-matrix system rotates is also possible. The digital matrix captures 2D X-ray images with each successive rotation. From the resulting series of images, the shape of the sample is reconstructed using a back-projection algorithm to create a 3D model consisting of voxels, i.e. spatial pixels. Their brightness depends on the density of the volume of material represented by the voxel [2,3].

On this basis, 3D models are built, which can then be used to conduct engineering analysis using, for example, the FEA technique.

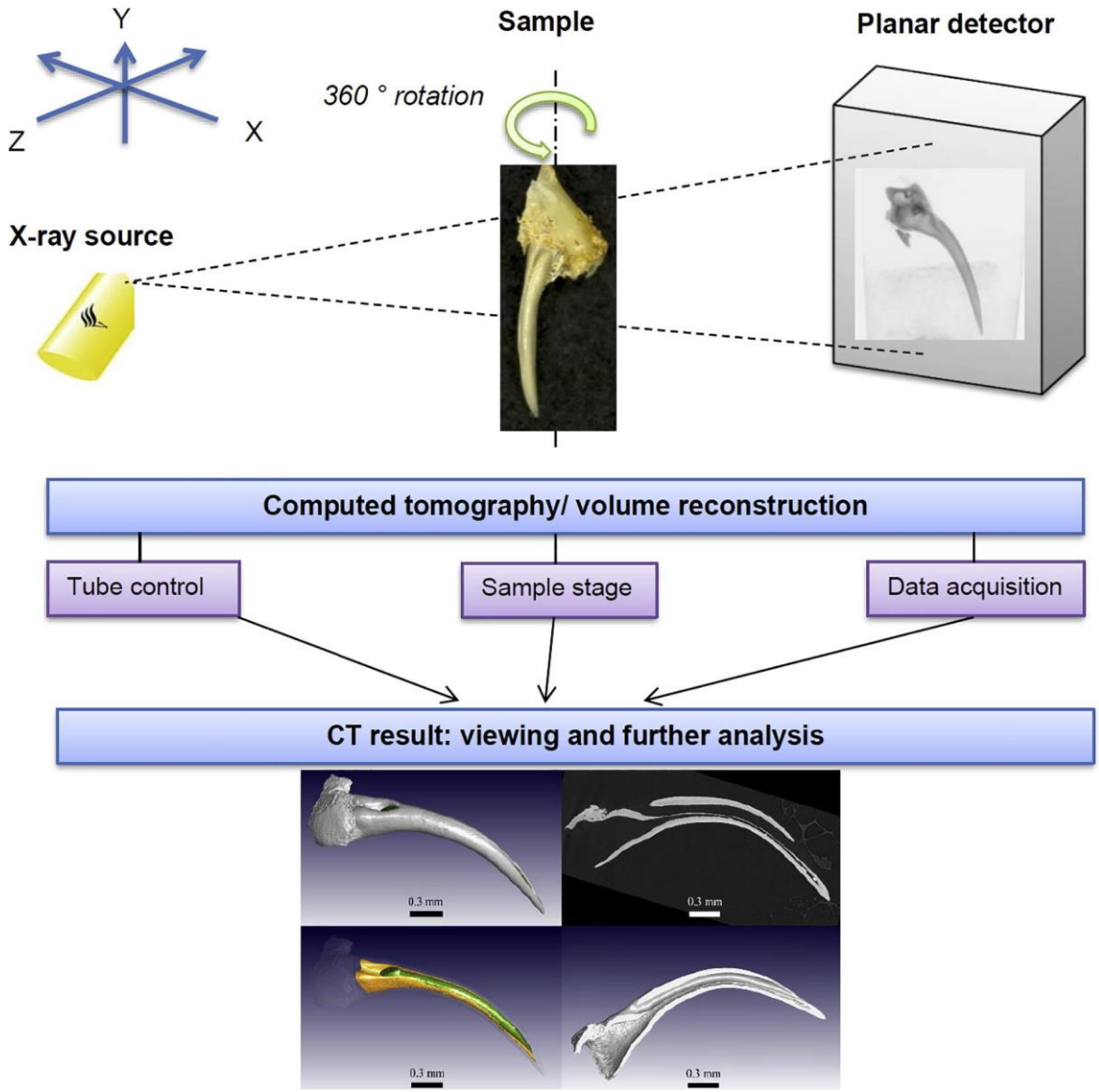


Fig 1. Diagram of the microCT scanning process. The sample rotates, while the radiation source works. A set of 3D voxels describing the spatial geometry of the sample is created from the 2D images [1]

The data obtained in this way can be subjected not only to qualitative but also to quantitative analysis. It is possible to calculate the density distribution in the sample volume, but also to detect areas of different i.e. lower or higher density than the surrounding material or empty volumes. This is especially important for porous materials such as 3D prints, in which not the entire volume of the object is filled with material.

In our work, we show examples of qualitative analysis of the internal structure of 3D printed samples by fused deposit modeling (FDM). One of the samples was made in accordance with PN-EN ISO 527-1:2020-01 [4]. The shape and dimensions of the specimen are shown in Fig.2. The middle part of the specimen with a length of 15 mm, marked with a red square in Fig.2 was scanned.

Used scanner: VivaCT 80 (Scanco A.G., Switzerland). Parameters of scanning: 24 μm voxel size, power 8 watts (70 kVp, 114μA). Undamaged specimens and specimens damaged during static tensile testing were studied.

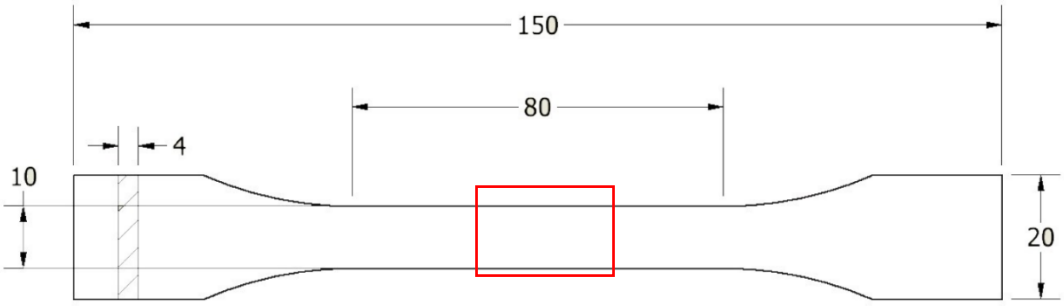


Fig 2. Shape and dimensions of the sample used for testing. Prepared according to PN-EN ISO 527-1:2020-01standard [4].

3. Results

Figure 3 shows a 3D reconstruction of the damaged sample made on the base images from microCT scanner. The specimen was subjected to a static tensile test before microCT examination. Figure (3a-b) shows a general view on the piece specimen. Figures (5c-d) show a magnified view of the crack surface.

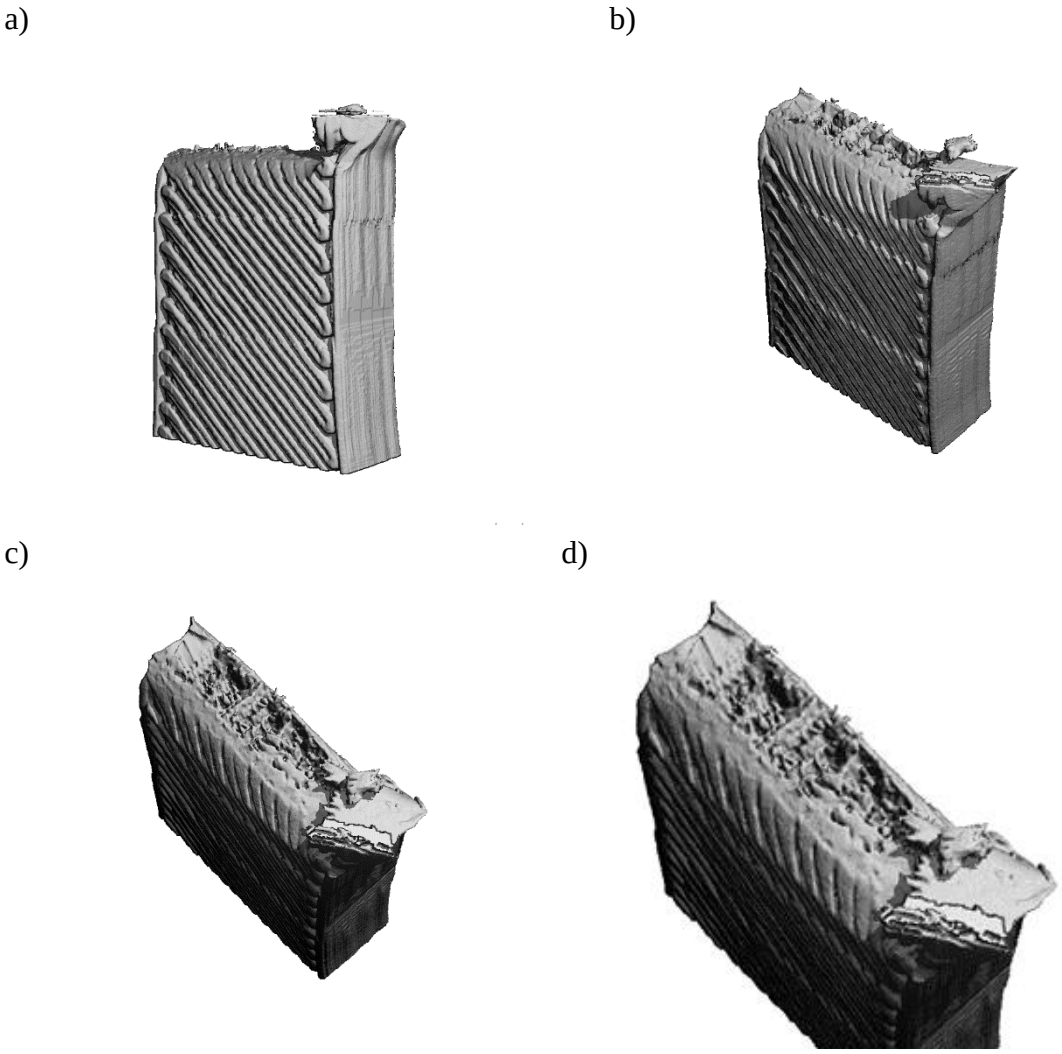


Fig 3. Model 3D damaged sample subjected static uniaxial test.

Fig. 4 shows how area surface is changing across long axis the sample. Non damaged section of surface is marked red colour. Is visible that area of damage is greatest at the crack surface, its size decreases as the distance from the place of crack increases.

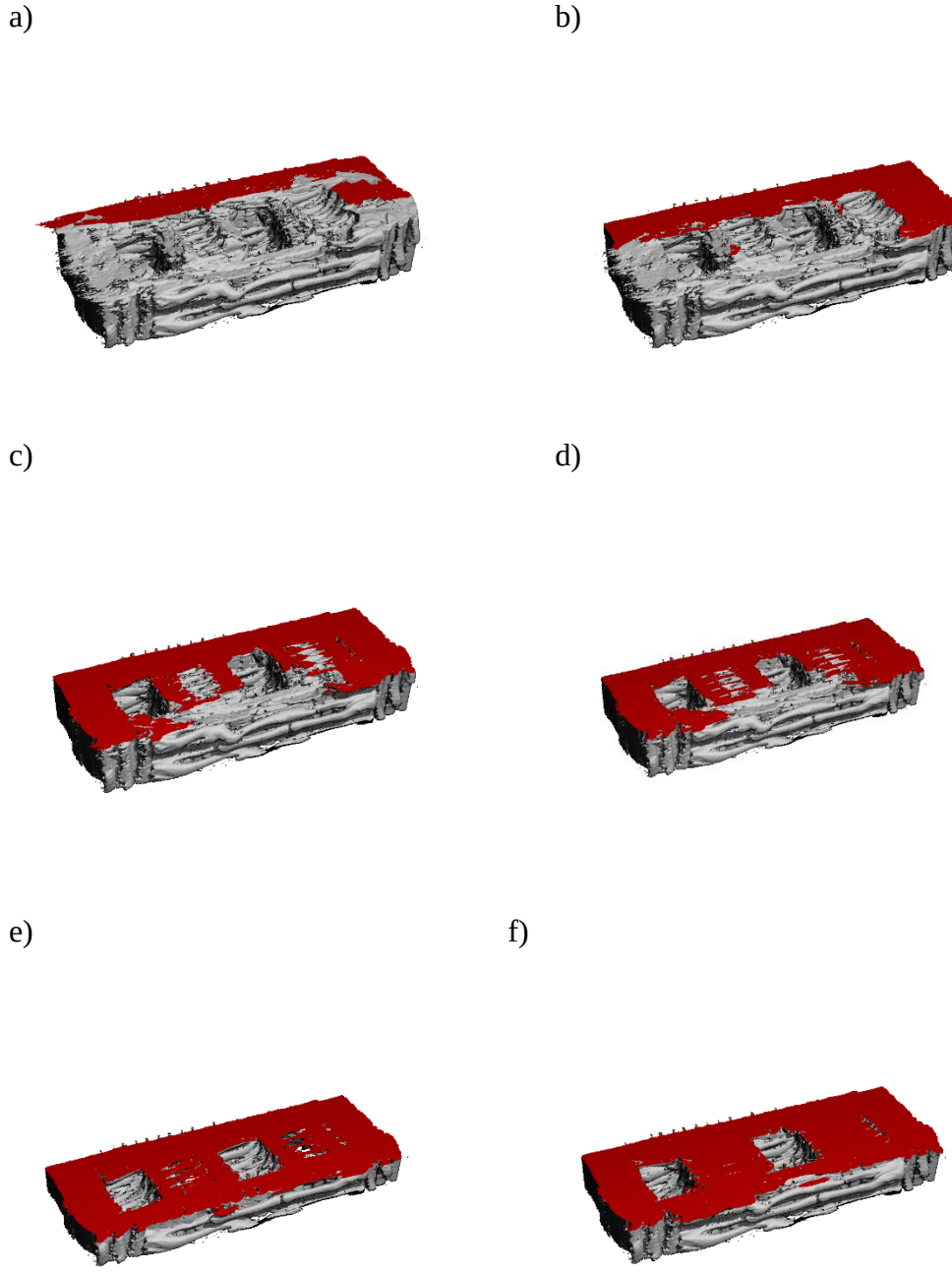
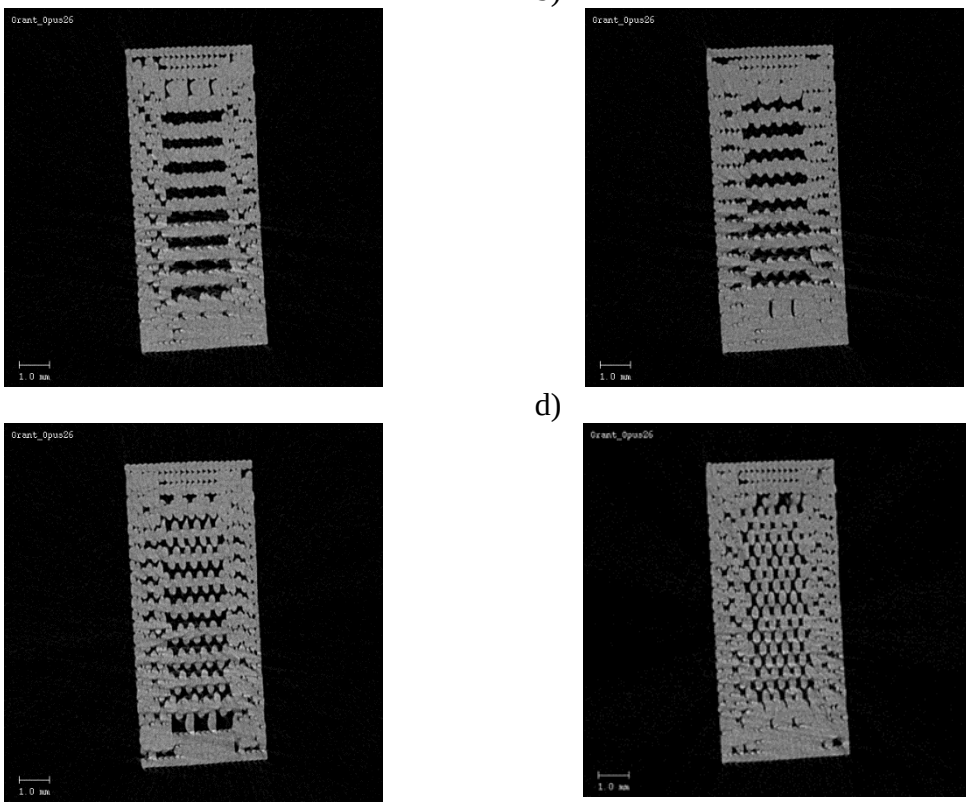


Fig. 4. Damages in sample visible in sections perpendicular to axis working force during uniaxial static test. Sections are in different distance to surface of crack. Figure (4a) shows the section located the closest, Figure (4f) the farthest from point of crack.

Figure 5 shows images from MicroCT for samples with different internal structures. From the images, it is possible to assess the spatial distribution of the support elements. It should provide corresponding mechanical properties of the printed part depending on the direction of

loading. Is noticeable that the position of these elements differs from one image to another. As a result, the strength properties of the whole sample will also vary.

a) b)

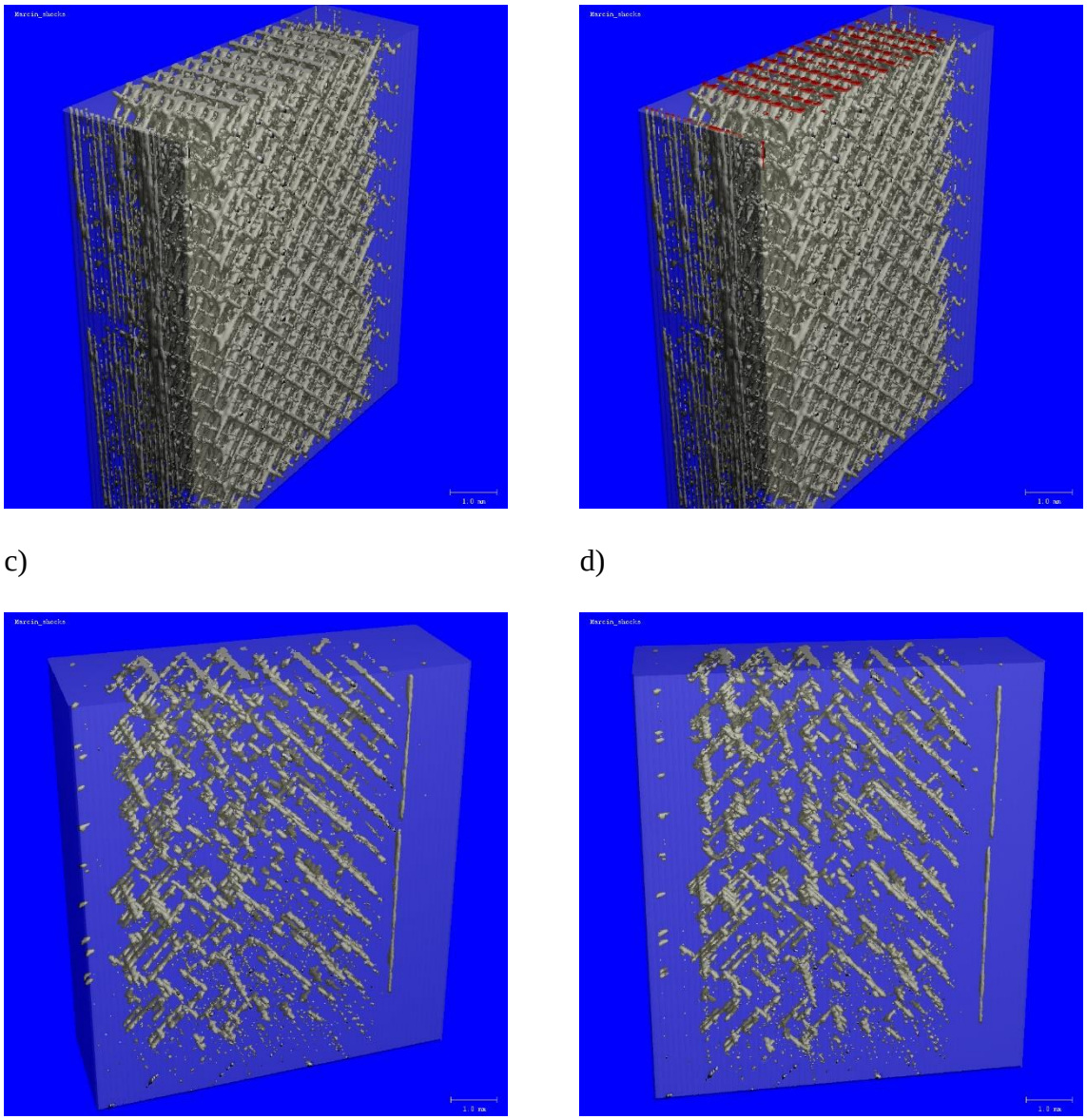


c) d)

Fig. 5. Images from the MCT showing sections of the sample perpendicular to long axis of it. Figures (a-d) show the different structure of the sample's interior depending on "infill" parameter value.

Figure 6 shows the spatial distribution of pores in the sample depending on the "infill" parameter value. It can be seen that the outer walls of the sample contain fewer pores than the interior. This is due to the need to ensure good quality of the outer surfaces of the printed part.

a) b)

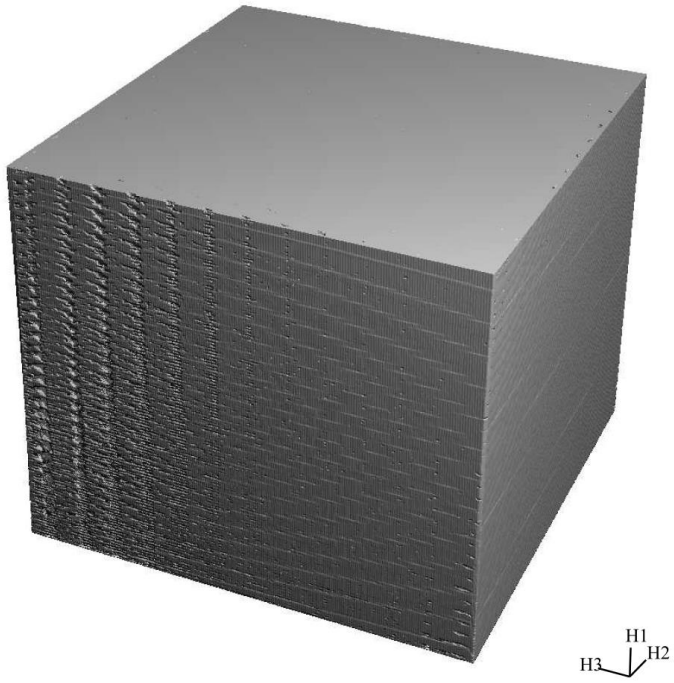


c) d)

Fig. 6. Visualization of the spatial distribution of pores in the sample volume depending on the on the "infill" parameter value.

Figure 7 shows a 3D printed cube with 100% "infill" value. Figure (7a) shows the 3D model of the cube, Figure (7b) shows the spatial distribution of pores in the cube. Although on the printing device the infill value was set to 100 % there are visible pores in the sample. They are arranged in a regular pattern. Probably the reason for the existence of pores is the diameter of the nozzle through which the plastic is pressed. With larger nozzle diameters, it is impossible to fill all the small spaces with plastic. The reason is transverse dimension of the plastic flowing out through the nozzle. Thus, samples with 100 % infill also show porosity even for geometries as simple to print as a cube shape.

a)



b)

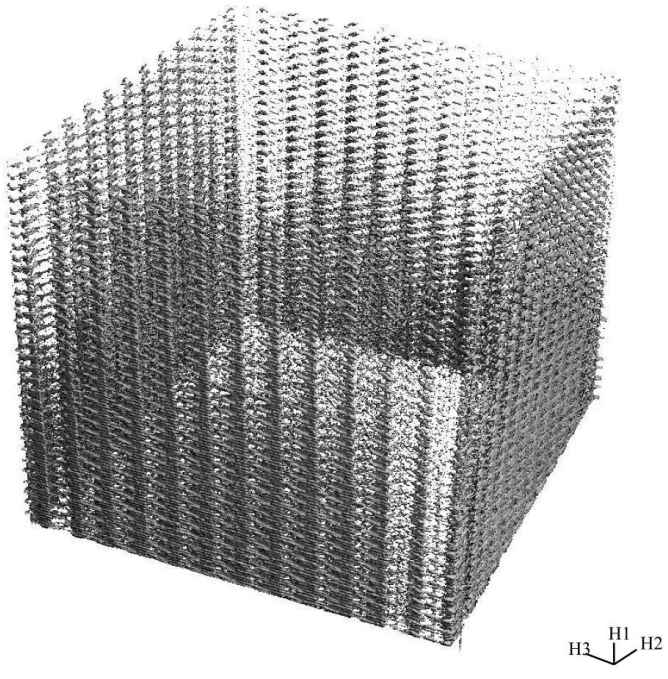


Fig. 7 . Visualization of a 3D printed cube. Figure (a) shows the 3D reconstruction of the external shapes of the cube, figure (b) the distribution of pores in the volume of the cube.

Conclusions

In our work, we have shown the applications of the microCT technique for evaluating the quality of 3D printed plastics manufactured using the FDM method. Using micro CT makes it

possible to evaluate the internal structure of the prints. It is possible to determine their porosity depending on the "infilling" parameter value assumed at the printing. It is possible to assess the spatial distribution of pores in the volume of the printed part or it is possible to detect defects such as cracks or discontinuities inside the sample.

The examples show only possibilities the qualitative evaluation of 3D prints. That due to the volume of the work, quantitative evaluation capabilities have not been shown. Such evaluation, such as measuring the size of defects, cracks in the material or tumor cancers provides significant benefits in various fields of research. Such as materials science, mechanics, biomechanics, biological or chemical science [5-13].

Recently, microCT has also begun to be used for reverse engineering to reconstruct not only the external shape but also the internal structure of structural components [14].

Therefore, the use of microCT in various fields of science and technology is growing. Because of the increased accuracy and analytical capabilities of the method and appear new fields in which it is beginning to be used.

Bibligraphy

1. du Plessis A., Broeckhoven Ch.: Looking deep into nature: A review of micro-computed tomography in biomimicry, Acta Biomaterialia, Vol. 85 (2019).
2. Feldkamp L.A., Davis L.C., Kress J.W.: Practical cone-beam algorithm, J. Opt. Soc. Am. A., Vol. 1 (1984).
3. Kak A.C., Slaney M.: Principles of computerized tomographic imaging (Society for Industrial and Applied Mathematics), Soc. Ind. Appl. Math. (2001).
4. PN-EN ISO 527-1:2020-01: Plastics. Determination of tensile properties. Part 1: General principles (title in Polish: Tworzywa sztuczne - Oznaczanie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu -- Część 1: Zasady ogólne).
5. Maire E., Withers P.J.: Quantitative X-ray tomography, Int. Mater. Rev., 59 (2014).
6. du Plessis A., Broeckhoven C., Guelpa A., le Roux S.G.: Laboratory x-ray micro-computed tomography: a user guideline for biological samples, GigaScience, 6 (2017).
7. De Chiffre L., Carmignato S., Kruth J.-P., Schmitt R., Weckenmann A.: Industrial applications of computed tomography, CIRP Ann. – Manuf. Technol., 63 (2014).
8. du Plessis A., Yadroitsev I., Yadroitsava I., Le Roux S.G.: X-ray microcomputed tomography in additive manufacturing: a review of the current technology and applications, Addit. Manuf., 5 (2018).
9. Broeckhoven C., du Plessis A.: X-ray microtomography in herpetological research: a review, Amphibia-Reptilia., 39 (2018).
10. Mizutani R., Suzuki Y.: X-ray microtomography in biology, Micron., 43 (2012).
11. Dixon P.G., Muth J.T., Xiao X., Skylar-Scott M.A., Lewis J.A., Gibson L.J.: 3D printed structures for modeling the Young's modulus of bamboo parenchyma, Acta Biomater., 68 (2018).
12. Porter M.M., Ravikumar N., Barthelat F., Martini R.: 3D-printing and mechanics of bio-inspired articulated and multi-material structures, J. Mech. Behav. Biomed. Mater., 73 (2017).
13. Novitskaya E., Ruestes C.J., Porter M.M., Lubarda V.A., Meyers M.A., Mc Kittrick J.: Reinforcements in avian wing bones: experiments, analysis, and modelling, J. Mech. Behav. Biomed. Mater., 76 (2017).
14. Velasco-Hogan A., Xu J., Meyers M.A.: Additive manufacturing as a method to design and optimize bioinspired structures, Adv. Mater., (2018).

PRZEGLĄD WYBRANYCH BIOMATERIAŁÓW POCHODZENIA ZWIERZĘCEGO WYKORZYSTYWANYCH W MEDYCYNIE REGENERACYJNEJ

Gniadek M., Urbaniak W.
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, Poland

Streszczenie. W wyniku synergii medycyny i inżynierii powstała możliwość rekonstrukcji utraconych bądź zmienionych patologicznie narządów. Na bazie tych powiązań w ostatnich 40 latach wyodrębniła się nowa gałąź medycyny zwana medycyną regeneracyjną, która w powiązaniu z inżynierią tkankową pozwala na rekonstrukcję utraconych lub zmienionych patologicznie narządów przy wykorzystaniu specjalnie przygotowanych biomateriałów. Biomateriały na potrzeby medycyny regeneracyjnej najczęściej są pochodzenia zwierzęcego.
Zastosowanie biomateriałów w wielu przypadkach pozwala na uniknięcie przeszczepów autogennych, w wyniku których dochodzić może do naruszeniem ciągłości niezmienionych chorobowo tkanek, zwiększając tym samym ryzyko występowania negatywnych skutków leczenia.
Wykorzystanie aktualnych osiągnięć inżynierii tkankowej pozwala na uzyskanie rezultatów, które w zdecydowany sposób podnoszą poziom medycyny regeneracyjnej, poprawiając tym samym komfort leczenia pacjentów.
Celem artykułu jest dokonanie przeglądu wybranych biomateriałów pochodzenia zwierzęcego, wykorzystywanych we współczesnej medycynie regeneracyjnej. Przegląd dotyczy zarówno materiałów dostępnych komercyjnych, jak i tych które nie zostały jeszcze dopuszczone do zastosowań komercyjnych, pozostają jedynie na etapie badawczym.
W ramach przeprowadzonej analizy skupiono się głównie na pochodzenia materiału, ogólnych metodach jego wytworzenia, możliwości zastosowania. W celach porównawczych wykonane zostało zestawienie wybranych właściwości biomechanicznych tych materiałów. Przedstawiony przegląd biomateriałów skierowany jest do szerokiego grona naukowców z różnych pokrewnych dziedzin i ma na celu poszerzenie wiedzy w tematyce możliwości zastosowania nowoczesnych biomateriałów do powrotu pacjenta do jego dobrostanu i tym samym poprawienia warunków jego życia. Ponadto należy wspomnieć, iż oprócz wymienionego celu jakim jest przedstawienie wybranych biomateriałów, publikacja może stanowić podwaliny pod możliwość przyszłej współpracy pomiędzy specjalistami różnych dziedzin w tym przede wszystkim medycyny, inżynierii mechanicznej i materiałowej.
Słowa kluczowe: Biomateriały, Inżynieria tkankowa, Medycyna regeneracyjna

Wprowadzenie

Medycyna regeneracyjna to pozornie młoda gałąź nauk medycznych, jednakże posiadająca bogatą historię, której niektórzy doszukują się już w starożytnych Indiach, około 3000 r. p.n.e. kiedy to jak podają źródła dokonano pierwszego przeszczepu skóry (1). Pierwszy nowożytny, udokumentowany przeszczep miały miejsce w Europie w roku 1794, wówczas to wykonano autologiczny przeszczep skóry (1). Współczesne znaczenie medycyny regeneracyjnej narodziło się wraz z końcem II wojny światowej – na co istotny wpływ miało wykorzystanie do allotransplantacji przechowywanych w warunkach głębokiego mrożenia graftów skórnych (2). Z oczywistych przyczyn zarówno natury etycznej, jak i braku wartości naukowej pominięto nieludzkie „badania" prowadzone przez III Rzeszę Niemiecką (3–6) oraz ich sojuszników i przez ZSRR (7–9) w okresie ich istnienia.

W następnych latach następował rozwój tej gałęzi medycyny, aż do pojawienia się w roku 1987 r. terminu „Inżynieria tkankowa" (2,10). Oddzielenie się tej gałęzi nauki od ogólnego zbioru nauk medycznych znacząco zmodyfikowało podejście do medycyny regeneracyjnej – zaczęto w znacznie szerszym stopniu korzystać ze zdobyczy biotechnologii, biomechaniki, inżynierii materiałowej oraz mechanicznej, jak i innych gałęzi nauki w celu regeneracji zmienionych chorobowo lub utraconych fragmentów tkanek. Oczywiście, dla ścisłości i precyzji naukowej, należy wspomnieć, że takie interdyscyplinarne podejścia miały już miejsce

wcześniej, jednakże ten moment określa pewną umowną granicę, w oparciu o którą można zaobserwować znaczący rozwój tej dziedziny. Warto zwrócić uwagę na fakt, że obecnie określenia inżynieria tkankowa i medycyna regeneracyjna bywają używane zamiennie, jednakże nie dotyczące one ściśle tych samych aspektów naukowych (2).

Jak można łatwo wywnioskować z przedstawionej krótkiej historii inżynierii tkankowej czy medycyny regeneracyjnej, jest to gałąź nauki, powszechnie wykorzystująca materiały różnego pochodzenia do regeneracji lub rekonstrukcji tkanek i narządów. Osiągnięcia naukowe i technologiczne pozwalają na wytwarzanie narządów i tkanek w warunkach in vitro czy też w oparciu o biomateriały do zastosowań w praktyce klinicznej.

Jednym przykładów może być wykorzystanie biomateriału, w postaci decelularyzowanego świńskiego jelita czczego, do regeneracji skóry ludzkiej. Badanie przeprowadzone przez Groeber i współ. wykorzystano biomateriał wysiany ludzkimi m.in. komórek macierzy skórnej, graft uzyskał właściwości biomechaniczne zbliżone do ludzkiej skóry właściwej w okresie początkowego jej odbudowy. W przedstawionej publikacji wskazano na fakt, że podczas przygotowania biomateriału zachowano prawidłowe unaczynienie oraz strukturę i zawartość kolagenu w zrekonstruowanej tkance (11,12).

Rosnące znaczenie biomateriałów daje się zaobserwować w grupie zmian nowotworowych, wymagających leczenia chirurgicznego, z częstą resekcją części lub całości zmienionego chorobowego narządu. Zgodnie z szacunkami WHO na świecie, w 2022 roku odnotowano ok. 20 mln nowych przypadków nowotworów oraz ok 9,7 mln zgonów spowodowanych nowotworami (13). Dla przykładu tylko w obrębie jednego dobrze udokumentowanego zjawiska w Polsce, nowotworu mogącego potencjalnie wymagać resekcję narządu lub jego odbudowy, czy też wytworzenia funkcjonalnego zamiennika - należałoby wskazać na rak pęcherza moczowego. Zgodnie z raportami sprzed pandemii COVID-19, z 2018 r., wystąpiło w Polsce 5612 przypadków tego nowotworu u mężczyzn, z czego 3073 zakończyło się zgonem pacjenta. W przypadku kobiet te liczby wynosiły odpowiednio 1882 przypadki i ok. 900 zgonów. Około 20% pacjentów z tym nowotworem kwalifikowała się do radyklanego usunięcia pęcherza moczowego – z czym powiązany jest zabieg wytworzenia odprowadzenia moczu poprzez nadpęcherzowe przekierowanie za pomocą wstawki. Wstawka taka może być wykonany w wyniku przeszczepu autogennego z tkanek pacjenta, głównie wykorzystuje się do tego fragment jelita cienkiego, z czym wiąże się jednak wiele krótko- i długotrwałych skutków ubocznych, lub z wykorzystaniem biomateriałów wytworzonych w wyniku technik inżynierii tkankowej (14).

W publikacji podjęto próbą dokonania przeglądu wybranych biomateriałów pochodzenia zwierzęcego, wykorzystywanych w ramach działań związanych z medycyną regeneracyjną – zarówno tych dostępnych komercyjnie, jak i będących dopiero w fazie badań lub przeznaczonych wyłącznie do wykorzystania badawczego. Należy zwrócić uwagę, że podane właściwości biomechaniczne nie mogą odpowiadać w swojej dokładności parametrom uzyskiwanym dla materiałów wykorzystywanych w klasycznych gałęziach inżynierii ze względu na zmienność osobniczą i trudności w badaniach wynikające z postaci takich materiałów.

Materiały w niniejszej publikacji podzielono wg. dostępności, jako materiały komercyjne – przebadane, oferowane przez producenta i gotowe bezpośrednio do użytku oraz jako materiały niekomercyjne – czyli nie spełniające powyższego wymagania.

Najistotniejsze cechy biomateriału

Biomateriał to tworzywo, substancja lub kompozyt o cech odpowiednich do interakcji z organizmami żywymi oraz ich tkankami. Ich rolą jest zastąpienie bądź poprawa określonych funkcji w danym organizmie lub tkance. Ten krótki opis daje pewną poszlakę, jakie ten materiał

powinien posiadać cechy, jednakże ich nie definiuje. Poniżej przedstawiono podstawowe i najważniejsze cechy i parametry biomateriałów.

1. **Biokompatybilność** – jest to określenie charakteryzujące oddziaływanie biomateriału na tkanki i narządy organizmów żywych. Materiał biokompatybilny powinien być neutralny w kontakcie z tkankami, być wolnym od toksycznych składników, nie korodować i degradować w sposób nie powodujący wydzielania potencjalnie negatywnie oddziałujących produktów reakcji. Koniecznym jest również zapewnienie braku cytotoksyczności materiału, czyli braku toksyczności dla komórek (15–22). W przypadku biomateriałów mających kontakt z krwią powinien zapewniać tzw. hemokompatybilność, czyli nie powinien oddziaływać na składniki krwi oraz aktywować czynników hemolizy i krzepnięcia, a także nie aktywować nadmiernej odpowiedzi immunologicznej (20–24).
2. **Parametry biomechaniczne** – określają przede wszystkim parametry związane z charakterystyką wytrzymałości mechanicznej, modelu zachowania w określonych warunkach obciążeniowych, a także trwałości zmęczeniowej danego materiału. Określone parametry biomechaniczne powinny być ustalone konkretnie dla danego zastosowania i tkanek, które mają zostać zastąpione przez biomateriał. Jednakże możliwym jest wysnucie dość prostego i logicznego założenia, że parametry biomechaniczne powinny być możliwie maksymalne zbliżone do parametrów naturalnej tkanki (20–22,25,26).
3. **Porowatość** – określa dość intuicyjnie parametr określający obecność i ewentualny rozkład pustych przestrzeni w strukturze danego materiału. W kontekście biomateriałów posiada kluczowe znaczenie dla integracji komórkowej, pozwalając na przenikanie i wzrost komórek, co pozwala na integrację biomateriału z otaczającą go tkanką. Nie zawsze jest to cecha pożądana w danym biomateriale – podobnie jak z parametrami biomechanicznymi, jej pożądany poziom powinien być określany jednostkowo dla każdego przypadku lub zastosowania (20–22,25–27).
4. **Biologiczna funkcjonalność** – parametr określający rolę jaką dany biomateriał odgrywa po implantacji – jest to bardzo szeroka grupa parametrów, określająca nie tylko możliwości użycia i wykorzystania danego biomateriału, ale także jego późniejsze zachowanie w ciele pacjenta (28–32).
5. **Biodegradowalność** – określa czy dany materiał ulega rozkładowi po implantacji i w środowisku docelowym. Podobnie jak inne parametry nie zawsze jest to cecha pożądana, powinna być określana jednostkowo dla każdego przypadku bądź zastosowania. Biodegradowalność jest ściśle powiązana z biokompatybilnością – dokładniej czy produkty tej degradacji nie są toksyczne lub w inny sposób nie zakłócającymi biokompatybilności materiału (20,22).

Materiały niekomercyjne

Materiały powszechnie stosowane w laboratoriach, bądź będące przedmiotem badań. Mogą być także surowcem lub półproduktem do produkcji komercyjnie dostępnych biomateriałów. W ramach niniejszej publikacji wybrano 3 biomateriały.

Błona owodniowa

Błona owodniowa to biomateriał posiadający bardzo szerokie zastosowanie, badany od przeszło 100 lat. Jest to wewnętrzna warstwa błon płodowych, powstających w trakcie ciąży, jako otoczenie płodu wytwarzana przez większość ssaków. Jest to błona oparta na kolagenie, w znacznej mierze bezkomórkowa. Jest stosunkowo wytrzymała oraz mocno sprężysta i elastyczna, co jest związane ze znaczącą zmianą wielkości płodu od poczęcia do narodzin

(33). Posiada szeroki wachlarz właściwości biologicznych. Jest powszechnie wykorzystywana w medycynie regeneracyjnej i inżynierii tkankowej jako błona do hodowli komórek, a także jako materiał wykorzystywany w leczeniu m.in. ran, oparzeń i regeneracji tkanek oraz narządów; może być także stosowana jako nośnik farmaceutyków (28–31).

Pochodzenie: Może być pochodzenia ludzkiego lub od innych ssaków m.in. bydła lub koni (33). Jest stosunkowo prosta do pozyskania ponieważ tradycyjnie była uważana za odpad medyczny, do czasu rozwinięcie się znaczących badań na jej temat. Najskuteczniejszą metodą pozyskania jest zabieg cesarskiego cięcia, ze względu na panujące w jego trakcie warunki zapobiegające ryzyku kontaminacji (28–31).

Właściwości biomechaniczne: Ze względu na konieczność znoszenia obciążeń hydrostatycznych płynu owodniowego występuje dość dobra wytrzymałość mechaniczna – jednakże jest ona zależna od terminowości porodu. Opublikowane wyniki wskazują na moduł zmienność w określanym module Younga w zakresie od 3,6 MPa dla błony z porodu przedterminowego (w 26-36 tygodniu) w kierunku spadkowym wraz ze zbliżaniem się terminowego porodu do postaci 2,29 MPa dla terminu porodu o czasie (36-40 tydzień). Posiada właściwości lepkosprężyste (28). Grubość błony waha się w zakresie od 0,5 do 0,02 mm w zależności od miejsca pobrania. Błona o największej grubości znajduje się w tzw. owodni łożyskowej, czyli w kierunku pępowiny, jej grubość spada w kierunku przeciwległym w stronę tzw. owodni obwodowej. Wraz ze spadkiem grubości błony owodniowej wzrasta jej przezroczystość (32,34).

Właściwości biologiczne: Posiada właściwości antybakteryjne i przeciwdrobnoustrojowe (29,35), w zależności od powierzchni pro- bądź anty- angiogenne, zapobiega lub ogranicza bliznowaceniu, a także pobudza wzrost komórek. Posiada funkcje immunomodulacyjne powodujące supresją lub stymulację układu odpornościowego w kierunku przywrócenia właściwej homeostazy. Może działać przeciwbólowo i przeciwzapalnie. W znaczący sposób wspiera regenerację tkanek (29).

Wykorzystanie: Wyjątkowo szerokie pole zastosowań: od wykorzystania chirurgicznego w zabiegach medycyny regeneracyjnej (29), poprzez możliwość wykorzystania jako nośnik farmaceutyków (31), rusztowanie komórkowe (28), aż do wykorzystania w postaci zawiesi do leczenia miejscowego (32).

Przechowywanie: Możliwym jest konserwacja błony w postaci pierwotnej lub zmodyfikowanej poprzez zamrażanie, liofilizację, kriokonserwację (29). W niektórych warunkach możliwym jest przechowywanie błony w postaci suszonej, sterylizowanej UV, bądź w odpowiednich roztworach (32).

SIS (z ang. Small Intestinal Submucosa – Błona podśluzowa jelita cienkiego)

Błona podśluzowa jelita cienkiego – SIS (z ang. Small Intestinal Submucosa) to biomateriał pochodzenia zwierzęcego, wytworzony z podśluzówki jelita cienkiego, zazwyczaj pochodzącego od świni. Jest to materiał wielowarstwowy, bogaty w kolagen oraz inne składniki macierzy komórkowej. Posiada szerokie zastosowania w medycynie regeneracyjnej i inżynierii tkankowej. Na jego bazie powstało także wiele produktów dostępnych komercyjnie (36–43).

Pochodzenie: Oczyszczona podśluzówka jelita cienkiego, zazwyczaj pochodzenia wieprzowego (39).

Właściwości biomechaniczne: Publikowane wyniki wytrzymałości wskazują na różnice w wartości modułu Younga w zależności od warstwy: dla 1 warstwy te parametry to odpowiednio 20,6 MPa dla materiału suchego i 7,2 MPa dla materiału mokrego; dla 2 warstwy odpowiednio 24,7 MPa i 18,8 MPa, dla 3 warstwy odpowiednio 31,2 MPa i 22,0 MPa, oraz dla 4 warstwy odpowiednio 36,7 MPa i 22,4 MPa. Grubość materiału waha się w granicach 0,05 do 0,22 mm, grubość pojedynczej warstwy wynosi ok. 0,05mm. W zależności od ilości warstwa materiał różni się wydłużeniem przy zerwaniu

– dla materiałów 4 warstwowych poziom wydłużenia wynosi 30-40%, natomiast pojedyncza warstwa wydłużała się nawet o ok. 130%. Wielkość porów waha się w średni 20-30 μm (39).

Właściwości biologiczne: Uwalnia czynniki wzrostu, między innymi dla fibroblastów-2, sprzyja angiogenezie. Jej struktura wspomaga gojenie i regeneracji tkanki. Posiada porowatą strukturę umożliwiającą przenikanie komórek. Jest łatwo przyjmowana przez organizm, nie ma tendencji do odrzutów oraz nie wywołuje odpowiedzi immunologicznej (39).

Wykorzystanie: Bardzo szeroka grupa zastosowań obejmująca zarówno metody inżynierii tkankowej jako rusztowanie komórkowe, a także bezpośrednie wszczepienie do organizmu docelowego jako metoda wspomagania regeneracji tkanek takich jak np.: skóra mięśnie, ścięgna, naczynia krwionośne; wzmacnianie okolicy przepuklin (40–43).

Przechowywanie: Roztwory soli fizjologicznej, zamrażanie, kriokonserwacja i liofilizacja (36–39).

Decelularyzowany płaszcz kalmara zwyczajnego

Decelularyzwana matryca z płaszcza kalmara zwyczajnego jest nowym materiałem znajdującym się w fazie badań wstępnych. Badacze wskazują go jako dobry materiał do tworzenia macierzy komórkowych, szczególnie użytecznych przy regeneracji dróg moczowych (44).

Pochodzenie: Płaszcz kalmara zwyczajnego (Loligo vulgaris) poddany oczyszczeniu i procesowi decelularyzacji (44,45).

Właściwości biomechaniczne: Wstępne wyniki pozwalają ocenić materiał jako materiał anizotropowy – w kierunku wzdłużnym względem głównej osi kalmara moduł Younga wynosi 3,6 MPa, natomiast w kierunku poprzecznym względem tej osi, moduł ten klasyfikuje się na poziomie 2,9 MPa. Są to wartości uśrednione dla 10 prób. Materiał jest określany jako posiadający cechy materiału lepkosprężystego (44,45).

Właściwości biologiczne: Materiał nie jest cytotoksyczny, pozwala na swobodny wzrost komórek, wraz z ich przenikaniem w głąb struktury. Badania wskazują na możliwość wykorzystania tego materiału w urologii rekonstrukcyjnej. Jego właściwości powalają na ochronę komórek rosnących po zewnętrznej stronie materiału przed toksycznym działaniem moczu (44,45).

Wykorzystanie: W chwili obecnej prowadzone badania wykazują iż materiał ten może być z powodzeniem wykorzystywany jako macierz do hodowli komórek. Zgodnie z dostępną publikacją planowane jest jego wykorzystanie w regeneracji dróg moczowych (44,45).

Przechowywanie: Materiał w postaci surowego płaszcza kalmara jest przechowywany w postaci zamrożonej, natomiast gotowy produkt przechowywany jest jako, sterylna, zliofilizowana błona, gotowa do uwodnienia (44,45).

Materiały dostępne komercyjnie

Jako materiały dostępne komercyjnie uznano materiały dostępne w sprzedaży w krajach Unii Europejskiej, USA, Kanady, Australii i innych krajów uznających wysokie i rygorystyczne standardy dostępu do produktów leczniczych lub wykorzystywanych przy leczeniu. Oczywistym kryterium w takim wypadku jest przejście przez dany biomateriał procedury certyfikacji i spełnienia określonych wymagań.

Zebrane materiały przedstawiono w postaci skróconej w tab. 1.

Tab. 1. Skrócony opis wybranych biomateriałów dostępnych komercyjnie

L.p.	Produkt	Zastosowanie	Pochodzenie biomateriału	Odniesienie
Biodesign®- Cook Medical				
1.	Biodesign® Sinonasal Repair Graft	Uzupełnianie ubytków tkankowych w ramach jamy nosowej lub zatokowej	SIS (z ang. Small Intestinal Submucosa – Błona podśluzowa jelita cienkiego)	(46–48)
2.	Biodesign® Duraplasty Graft	Uzupełnienie ubytków tkankowych opony twardej		(48–50)
3.	Biodesign® Otologic Repair Graft	Uzupełnianie ubytków tkankowych oraz wspomagający proces naturalnego gojenia dla zabiegów otolaryngologicznych		(48,51,52)
AlloDerm – Biohorizons				
4.	AlloDerm SELECT™ RTM	Wspomaganie procesu gojenia w trakcie zabiegów chirurgii stomatologicznej	Decellularyzowana skóra	(53–55)
5.	AlloDerm SELECT GBR™	Uzupełnianie ubytków tkankowych w trakcie zabiegów chirurgii stomatologicznej		(53,56,57)
6.	NovoMatrix Reconstructive Tissue Matrix	Pokrycie korzeni zębowych	Decellulary-zowana skóra świńska	(53,57,58)
Ventrigel® - Ventrix				
7.	Ventrigel® - Ventrix	Rusztowanie komórkowe stosowane w regeneracji i poprawianiu czynności serca po poważnych uszkodzeniach	Hydrożel z macierzy zewnątrz-komórkowej specyficznej dla mięśnia sercowego	(59,60)

Biodesign®- Cook Medical

Linia produktów Biodesign® firmy Cook Medical przeznaczona jest do użytku w chirurgii laryngologicznej, otolaryngologicznej oraz neurochirurgii głowy i szyi, poprzez zastosowanie odpowiednio wypreparowanej błony podśluzowej jelita cienkiego świni (SIS). Działanie biomateriału polega na zapewnieniu właściwych warunków oraz rusztowania dla komórek gospodarza. Niestety nie są odnaleziono badań określających testy biomechaniczne tej linii produktów, jednakże ze względu na ich rolę, możliwe, że takie testy nie zostały przeprowadzone. Przeprowadzone badania, wskazują na skuteczność tego produktu. Linia składa się w chwili obecnej z 3 produktów (46–52).

- Biodesign® Sinonasal Repair Graft – produkt przeznaczony do oddzielania struktur anatomicznych bądź tkanek, uszkodzonych w wyniku urazu, szczególnie w obrębie otwartych ran w jamie nosowej lub zatokach po przebytych zabiegach chirurgicznych. Producent jako przykład wskazuje regenerację perforacji przegrody nosowej (46–48).
- Biodesign® Duraplasty Graft – produkt przeznaczony do rekonstrukcji opony twardej. W ramach przeprowadzonych badań realizowano eksperyment porównujący regenerację opony twardej u grupy (n=6) dużego modelu

zwierzęcego (świni) za pomocą płata osierdzia świńskiego oraz opisywanego produktu, po obu stronach mózgowia. Wyniki po 1 i 3 miesiącach, gdy poddano zwierzęta eutanazji (w grupach po 3 osobniki) nie wskazują na istotne działania niepożądane, czy wycieku płynu mózgowo-rdzeniowego. Oba materiały określono jako wstępnie posiadające podobne predyspozycje do takiego wykorzystania, jednakże podkreślono, iż niezbędne są dalsze badania w tym zakresie. Wartym wspomnienia jest określenie, iż produkt Biodesign® Duraplasty Graft posiada, zgodnie ze słowami autorów artykułu: lepszą „urabialność"; natomiast łata osierdzia świńskiego wykazywała większą przepuszczalność światła (48–50).

- Biodesign® Otologic Repair Graft – produkt przeznaczony do regeneracji tkanek i narządów podczas zabiegów otolaryngologicznych. Zgodnie z wynikami przeprowadzonych badań produkt poddano retrospektywnej analizie przekrojowej, w wyniku, której na 500 przeanalizowanych raportów od zatwierdzenia produktu w USA przez FDA (styczeń 2016 r.) do końca okresu badawczego (listopada 2022 r.), zgłoszono 5 zdarzeń niepożądanych: 3 związanych z tymnoplastyką, oraz 2 związane z operacją strzemiączka. W 4 przypadkach wskazano na „istotne reakcje zapalne na ciało obce". Konkluzją badań jest stwierdzenie, iż wykorzystanie produktu to bezpieczna i skuteczna metoda, jednakże udokumentowano przypadki wykrycia obecności ciała obcego bądź reakcji ziarniniakowej, w wyniku której zalecono wzięcie takiej możliwości pod uwagę przed zastosowaniem produktu (48,51,52).

AlloDerm – Biohorizons

Linia produktów AlloDerm™ firmy Biohorizons przeznaczona do użytku w chirurgii stomatologicznej w zakresie wspomagania leczenia tkanek miękkich, uszkodzonych w wyniku urazów bądź interwencji chirurgicznej. Surowcem z którego wytworzono produkty jest bezkomórkowa macierz skórna, pochodzenia ludzkiego (ADM, z ang. Acellular Dermal Matrix), z wyjątkiem produktu NovoMatrix RTM, który powstaje z bezkomórkowej macierzy skórnej pochodzenia świńskiego. Działanie biomateriału polega na zapewnieniu właściwych warunków oraz rusztowania dla komórek gospodarza. Niestety nie odnaleziono badań określających testy biomechaniczne tej linii produktów, jednakże ze względu na ich rolę, możliwe, że takie testy nie zostały przeprowadzone. Przeprowadzone badania, wskazują na skuteczność tego produktu . Linia składa się w chwili obecnej z 3 produktów (53–58).

- AlloDerm SELECT™ RTM – wprowadzony w 1999 r. jest zgodnie z deklaracjami producenta powszechnie stosowaną bezkomórkową macierzą skórną, stosowaną w procesie regeneracji tkanek miękkich w zabiegach chirurgii stomatologicznej. Zgodnie z opisem producenta i przedstawionym na jego stronie badaniami, produkt zmniejsza krwawienie i obrzęk pooperacyjny, nie wytwarza zauważalnej różnicy między produktem, a tkanką łączną, po okresie 6 miesięcy. Publikacja wskazuje także na inne możliwości zastosowania produktu, a dokładniej samej ADM jak np.: w procesie leczenia stopy cukrzycowej (54,55).
- AlloDerm SELECT GBR™ - jest to podobny produkt do poprzedniego, różniący się docelowym zastosowaniem – jest przeznaczony przede wszystkim nie do ogólnego wspomagania regeneracji po zabiegach chirurgii stomatologicznej, ale do regeneracji całych ubytków tkankowych po zabiegach chirurgii stomatologicznej. Producent jako przykładowe zastosowanie podaje regenerację ubytku dziąsła po zabiegu resekcji zęba. Zgodnie z twierdzeniami producenta produkt wspiera proces nie tylko regeneracji tkanek miękkich, ale także tkanki

kostnej oraz stanowi alternatywę dla membran nieabsorpcyjnych. Zgodnie z podanymi na stronie producenta badaniami, produkt zastosowano m.in. jako wszczep w ścianę brzucha dorosłych małp – przedstawicieli Kotawca sawannowego. Zgodnie z twierdzeniami opublikowanymi w artykule przeszczep został przyjęty przez zwierzę i po okresie 3 miesięcy nie wykryto żadnych odczynów zapalnych ani innych skutków ubocznych przeszczepu. Autorzy artykuły oceniają, że u ludzi odpowiedź organizmu powinna być bardzo zbliżona lub taka sama (56,57).

- NovoMatrix Reconstructive Tissue Matrix – jest to produkt pochodzący od decelularyzowanej matrycy skórnej pochodzenia świńskiego. Jest to produkt przeznaczony do regeneracji tkankowej i pokrycia korzeni zębowych, który zgodnie z zapewnieniami producenta wspiera pozytywną odpowiedź immunologiczną, oraz regeneracją, posiada stałą grubość 1mm, a także zapewnia przewidywalne i kontrolowane efekty (57,58).

Ventrigel® - Ventrix

Produkt Ventrigel® firmy Ventrix to, zgodnie z deklaracją producenta, produkt przeznaczony do użycia jako rusztowanie komórkowe w procesie regeneracji mięśnia sercowego. Jest to produkt naśladujący macierz zewnątrzkomórkową (ECM) w warunkach in vivo, umożlwiający wzrost komórek mięśnia sercowego, w wyniku czego zostaje odbudowana jego struktura i funkcjonalność. Produkt dostarczany jest w postaci hydrożelu do wstrzykiwania bezpośrednio do uszkodzonego miejsca. Producent deklaruje, iż po wszczepieniu produkt zapobiega powstawaniu blizny kolagenowej, tworzącej nieprawidłowe mikrośrodowisko dla regeneracji tego narządu. Dostępne są wyniki badań przeprowadzonych na ludziach – dokładniej grupie 15 pacjentów z umiarkowaną dystrofią lewej komory serca (frakcja wyrzutowa mieści się w przedziale 25-45%), którzy znajdowali się w okresie między 60 dnia, a 3 lata od przebytego zawału serca podano opisywany produkt. Badania potwierdziły bezpieczeństwo produktu, oraz wskazały postępy w leczeniu, co według autorów badań przemawia za prowadzeniem dalszych badań, na większej i randomizowanej grupie pacjentów (59,60).

Podsumowanie

Istnieje wiele biomateriałów pochodzenia zwierzęcego, posiadających bardzo szerokie zastosowania, różnią się one jednak od siebie w niektórych przypadkach dość znacząco właściwościami, czy też możliwościami ich zastosowania. Tak szerokie rozbieżności stwarzają potencjalne możliwości doboru odpowiedniego materiału dostosowanego do potrzeb związanych z daną patologią. Badania nad biomateriałami pochodzenia zwierzęcego zyskują na znaczeniu na co wskazuje znaczący przyrost publikacji o tej tematyce. Trudno jest określić co przyniesie przyszłość, jednakże obserwując trend wzrostu ilości różnych biomateriałów do zastosowań komercyjnych, należy się spodziewać większej dostępności ich na rynku, niższych kosztów a co za tym idzie większej dostępności dla potencjalnego pacjenta.

Przedstawiony przegląd jest skierowany do szerokiego grona osób zajmujących się medycyną regeneracyjną oraz tych którzy chcą poszerzyć swoją wiedzę w tematyce nowoczesnych biomateriałów, które mogą przyczynić się do powrotu pacjenta do dobrostanu lub poprawienia warunków jego życia. Ponadto należy wspomnieć, iż prócz wymienionego celu jakim jest przegląd wybranych biomateriałów, opracowanie może być podstawą do dyskusji w szerokim gronie różnych specjalistów na temat możliwości ich współpracy medycyna – technika. Z uwagi na ograniczone możliwości w publikacji poruszono jedynie niewielki fragment całej przestrzeni skupionej wokół biomateriałów pochodzenia zwierzęcego i w żadnym stopniu nie wyczerpuje ona tematyki.

Bibliografia

1. Herman AR. The history of skin grafts. J Drugs Dermatol. grudzień 2002;1(3):298–301.
3. Berthiaume F, Maguire TJ, Yarmush ML. Tissue engineering and regenerative medicine: History, progress, and challenges. T. 2, Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering. 2011. s. 403–30.
4. Avalon Project - Documents in Law, History and Diplomacy [Internet]. [cytowane 20 kwiecień 2024]. Dostępne na: https://avalon.law.yale.edu/
5. United States Holocaust Memorial Museum [Internet]. [cytowane 20 kwiecień 2024]. Dostępne na: https://www.ushmm.org/pl
6. Nuremberg - Explore the Nuremberg Trials! [Internet]. [cytowane 20 kwiecień 2024]. Dostępne na: https://nuremberg.law.harvard.edu/
7. Archives Portal Europe Homepage [Internet]. [cytowane 20 kwiecień 2024]. Dostępne na: https://www.archivesportaleurope.net/
8. Science: Red Research. TIME. 22 listopad 1943;
9. Experiments In Death: Soviet scientists bring dead dogs back to life. LIFE. 25 październik 1943;119–20.
10. Yashin D, Brukhonenko S, Kashina Y, Prozorov A. Опыты по оживлению организма [Experiments in the Revival of Organisms]. Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich: Moskiewskie Studio Filmów Technicznych; 1940.
11. Viola J, Lal B, Grad O. Executive Summary [Internet]. 2003 [cytowane 24 kwiecień 2024]. Dostępne na: https://www.nsf.gov/pubs/2004/nsf0450/exec_summ.pdf
12. Groeber F, Engelhardt L, Lange J, Kurdyn S, Schmid FF, Rücker C, i in. A first vascularized skin equivalent as an alternative to animal experimentation. ALTEX. 2016;33(4):415–22.
13. Zhang X, Chen X, Hong H, Hu R, Liu J, Liu C. Decellularized extracellular matrix scaffolds: Recent trends and emerging strategies in tissue engineering. Bioact Mater. 1 kwiecień 2021;10:15–31.
14. Global cancer burden growing, amidst mounting need for services [Internet]. [cytowane 25 kwiecień 2024]. Dostępne na: https://www.who.int/news/item/01-02-2024-global-cancer-burden-growing--amidst-mounting-need-for-services
15. Wojciechowska U, Didkowska J, Michałek I, Olasek P, Ciuba A. NOWOTWORY ZŁOŚLIWE W POLSCE W 2018 ROKU. Warszawa: Narodowy Instytu Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie Państwowy Instytut Badawczy; 2020.
16. Zor F, Selek FN, Orlando G, Williams DF. Biocompatibility in regenerative nanomedicine. Nanomedicine. październik 2019;14(20):2763–75.
17. Singh N, Qutub S, Khashab NM. Biocompatibility and biodegradability of metal organic frameworks for biomedical applications. J Mater Chem B. 2021;9(30):5925–34.
18. Williams DF. The plasticity of biocompatibility. Biomaterials. maj 2023;296:122077.
19. Hernandez JL, Woodrow KA. Medical Applications of Porous Biomaterials: Features of Porosity and Tissue-Specific Implications for Biocompatibility. Adv Healthc Mater. 19 maj 2022;11(9).
20. International Organization for Standardization. PN-EN ISO 10993-5:2009 - Biologiczna ocena wyrobów medycznych -- Część 5: Badania cytotoksyczności in vitro. 2009.

21. Sun W, Gregory DA, Tomeh MA, Zhao X. Silk Fibroin as a Functional Biomaterial for Tissue Engineering. Int J Mol Sci. 1 luty 2021;22(3):1–28.
22. Han F, Wang J, Ding L, Hu Y, Li W, Yuan Z, i in. Tissue Engineering and Regenerative Medicine: Achievements, Future, and Sustainability in Asia. Front Bioeng Biotechnol. 24 marzec 2020;8.
23. Hukins DWL, Leahy JC, Mathias KJ. Materials Biomaterials: defining the mechanical properties of natural tissues and selection of replacement materials.
24. Nguyen Thi BP, Duy Nguyen BT, Jeong IS, Kim JF. Hemocompatibility challenge of membrane oxygenator for artificial lung technology. Acta Biomater. październik 2022;152:19–46.
25. Nalezinková M. In vitro hemocompatibility testing of medical devices. Thromb Res. listopad 2020;195:146–50.
26. Maksoud FJ, Velázquez de la Paz MF, Hann AJ, Thanarak J, Reilly GC, Claeyssens F, i in. Porous biomaterials for tissue engineering: a review. J Mater Chem B. 26 lipiec 2022;10(40):8111–65.
27. Karageorgiou V, Kaplan D. Porosity of 3D biomaterial scaffolds and osteogenesis. Biomaterials. 2005;26(27):5474–91.
28. Ebrahimi M. Porosity parameters in biomaterial science: Definition, impact, and challenges in tissue engineering. Front Mater Sci. 29 wrzesień 2021;15(3):352–73.
29. Niknejad H, Peirovi H, Jorjani M, Ahmadiani A, Ghanavi J, Seifalian AM. Properties of the amniotic membrane for potential use in tissue engineering. Eur Cell Mater. 29 kwiecień 2008;15:88–99.
30. Munoz-Torres JR, Martínez-González SB, Lozano-Luján AD, Martínez-Vázquez MC, Velasco-Elizondo P, Garza-Veloz I, i in. Biological properties and surgical applications of the human amniotic membrane. Front Bioeng Biotechnol. 9 styczeń 2022;10.
31. Jafari A, Mirzaei Y, Mer AH, Rezaei-Tavirani M, Jafari Z, Niknejad H. Comparison of the effects of preservation methods on structural, biological, and mechanical properties of the human amniotic membrane for medical applications. Cell Tissue Bank. 1 marzec 2024;25(1):305–23.
32. Jahanafrooz Z, Bakhshandeh B, Behnam Abdollahi S, Seyedjafari E. Human amniotic membrane as a multifunctional biomaterial: recent advances and applications. J Biomater Appl. 1 marzec 2023;37(8):1341–54.
33. Elkhenany H, El-Derby A, Abd Elkodous M, Salah RA, Lotfy A, El-Badri N. Applications of the amniotic membrane in tissue engineering and regeneration: the hundred-year challenge. Stem Cell Res Ther. 10 styczeń 2022;13(1):8.
34. Wells HC, Sizeland KH, Kirby N, Haverkamp RG. Structure and Strength of Bovine and Equine Amniotic Membrane. Biology (Basel). 1 sierpień 2022;11(8).
35. Grzywocz Z, Gawryluk A, Noszczyk B. BŁONA OWODNIOWA: BUDOWA, FUNKCJE I ZASTOSOWANIE W MEDYCYNIE REGENERACYJNEJ AMNIOTIC MEMBRANE: STRUCTURE, FUNCTIONS AND USE IN REGENERATIVE MEDICINE.
36. Kjaergaard N, Hein M, Hyttel L, Helmig RB, Schonheyder HC, Uldbjerg N, i in. Antibacterial properties of human amnion and chorion in vitro. European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology. 2001;94(2):224–9.
37. Palmer EM, Baum LG, Van Seventer GA. Small intestinal submucosa induces loss of mitochondrial integrity and caspase-dependent apoptosis in human T cells. Tissue Eng. kwiecień 2003;9(2):307–14.

38. Wang M, Li BW, Wang SW, Liu YH. [Preparation and osteogenic effect study of small intestinal submucosa sponge]. Beijing da xue xue bao Yi xue ban = Journal of Peking University Health sciences. 18 październik 2020;52(5):952–8.
39. Kubricht WS, Williams BJ, Eastham JA, Venable DD. Tensile strength of cadaveric fascia lata compared to small intestinal submucosa using suture pull through analysis. J Urol. 2001;165(2):486–90.
40. Shi L, Ronfard V. Biochemical and biomechanical characterization of porcine small intestinal submucosa (SIS): a mini review. Int J Burns Trauma. 2013;3(4):173–9.
41. Nie X, Xiao D, Wang W, Song Z, Yang Z, Chen Y, i in. Comparison of Porcine Small Intestinal Submucosa versus Polypropylene in Open Inguinal Hernia Repair: A Systematic Review and Meta-Analysis. PLoS One. 7 sierpień 2015;10(8).
42. Atkin L. Small intestinal submucosa extracellular matrix: advantages, evidence and application. J Wound Care. 1 grudzień 2023;32(Sup12a):S4–7.
43. Somani AK. Application expansion of small intestinal submucosa extracellular matrix in complex and surgical wounds. J Wound Care. 1 styczeń 2023;32(Sup1a):S20–7.
44. Zhao Y, Peng H, Sun L, Tong J, Cui C, Bai Z, i in. The application of small intestinal submucosa in tissue regeneration. Mater Today Bio. 1 czerwiec 2024;26.
45. Adamowicz J, Kloskowski T, Stopel M, Gniadek M, Rasmus M, Balcerczyk D, i in. The development of marine biomaterial derived from decellularized squid mantle for potential application as tissue engineered urinary conduit. Materials Science and Engineering: C. 1 luty 2021;119:111579.
46. Gniadek M, Topoliński T, Adamowicz J, Kloskowski T, Drewa T, Pokrywczyńska M. Sposób otrzymywania bezkomórkowej matrycy z płaszcza kalmara (Loligio Vulgaris). Polska: URZĄD PATENTOWY RZECZPOSPOLITEJ POLSKIEJ; P.435503, 2020.
47. Membreno P V., Eid AA, Vanison CC, Gillespie MB, Gleysteen JP. Porcine small intestine graft for reconstruction of oral defects. Laryngoscope Investig Otolaryngol. 28 październik 2021;6(5):940–7.
48. Biodesign® Sinonasal Repair Graft | Cook Medical [Internet]. [cytowane 29 kwiecień 2024]. Dostępne na: https://www.cookmedical.com/products/2cc93582-7339-4b59-82d1-d7347ce604a9/
49. Biodesign® Tissue Repair Technology | Otolaryngology [Internet]. [cytowane 29 kwiecień 2024]. Dostępne na: https://www.cookmedical.com/otolaryngology/biodesign-tissue-repair-technology/
50. Seo Y, Kim JW, Dho YS, Chowdhury T, Kim S, Park CK. Evaluation of the safety and effectiveness of an alternative dural substitute using porcine pericardium for duraplasty in a large animal model. Journal of Clinical Neuroscience. 1 grudzień 2018;58:187–91.
51. Biodesign® Duraplasty Graft | Cook Medical [Internet]. [cytowane 29 kwiecień 2024]. Dostępne na: https://www.cookmedical.com/products/3165f1ce-66d0-4a7a-bf36-1584698e7174/
52. Biodesign® Otologic Repair Graft | Cook Medical [Internet]. [cytowane 29 kwiecień 2024]. Dostępne na:

https://www.cookmedical.com/products/96f4b36f-75f7-4ebf-aef0-611faca117c8/
53. Speed OE, Bareiss A, Patel VA, Mangan A, Dornhoffer J, Saadi RA. Otologic use of porcine small intestinal submucosal graft (biodesign): A MAUDE database review. Am J Otolaryngol. 1 wrzesień 2023;44(5).
54. soft tissue - BioHorizons [Internet]. [cytowane 29 kwiecień 2024]. Dostępne na: https://biohorizons.com/Products/SoftTissue
55. AlloDerm RTM - BioHorizons [Internet]. [cytowane 29 kwiecień 2024]. Dostępne na: https://biohorizons.com/Products/AlloDerm
56. Harper JR, McQuillan DJ. Extracellular Wound Matrices:A Novel Regenerative Tissue Matrix (RTM) Technology for Connective Tissue Reconstruction. Wounds. czerwiec 2007;19(6):163–8.
57. AlloDerm SELECT GBR - BioHorizons [Internet]. [cytowane 29 kwiecień 2024]. Dostępne na: https://biohorizons.com/Products/AlloDermGBR
58. Xu H, Wan H, Sandor M, Qi S, Ervin F, Harper JR, i in. Host response to human acellular dermal matrix transplantation in a primate model of abdominal wall repair. Tissue Eng Part A. 1 listopad 2008;14(12):2009–19.
59. NovoMatrix RTM - BioHorizons [Internet]. [cytowane 29 kwiecień 2024]. Dostępne na: https://biohorizons.com/Products/NovoMatrix
60. Traverse JH, Henry TD, Dib N, Patel AN, Pepine C, Schaer GL, i in. First-in-Man Study of a Cardiac Extracellular Matrix Hydrogel in Early and Late Myocardial Infarction Patients. JACC Basic Transl Sci. październik 2019;4(6):659–69.
61. Product — Ventrix [Internet]. [cytowane 29 kwiecień 2024]. Dostępne na: https://ventrixbio.com/product

TRANSFORMATION OF MANAGEMENT OF ENTREPRENEURIAL POTENTIAL UNDER THE CONDITIONS OF THE NEO-ECONOMY

Gonchar O.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. Unprecedented changes that are taking place in modern social life - the intensification of global competition, the coronavirus pandemic, the full-scale war of Russia against Ukraine, the European integration directions of the socio-economic development of the economy are characterized by the growing role of knowledge, information, innovations and technologies as the main drivers of economic growth and competitiveness on the international stage levels The modern market requires business structures not only to adapt to changes in business conditions, but also to actively implement complex management approaches that ensure their sustainable development, innovative renewal, and the ability to quickly respond to changes in the external environment and market requirements. This, in turn, emphasizes the need for in-depth theoretical and applied research into the mechanisms of managing entrepreneurial potential and the processes of its formation and implementation.
Socio-economic processes of the 21st century create fundamentally new challenges for all market subjects. Entrepreneurial flair and the presence of entrepreneurial potential are becoming a characteristic feature of all modern economic systems at various levels. - from an individual entrepreneur, a small business to a large corporation. The ability to see the future, determine the needs and opportunities of the market, justify the strategy, develop proactive management mechanisms, generate innovative solutions, develop effective partner networks, form and effectively implement entrepreneurial potential - are becoming relevant dynamic abilities that form sustainable competitive advantages of modern business structures.
The state of the modern economy, which is characterized by transformational changes in the business environment associated with global digitalization processes, business adaptation to the conditions of the COVID-19 pandemic and the activation of Internet communications, the conditions of Russia's war against Ukraine, the actualization of environmental problems, lead to the emergence of new communications and relationships, different from the industrial-type housekeeper.
This state was defined in the article as neo-economics. It has been proven that the most important factor in the development of socio-economic systems is knowledge, new scientific studies of business processes, taking into account the processes of their digitalization and the level of innovation. Given the modern approach to the development of entrepreneurial activity, the article defines the necessity and theoretical-methodological approaches to conducting research on entrepreneurial potential, intellectual capital and individual entrepreneurs who are carriers of such potential.
It was concluded that the enterprise management system can be represented as an information system with various information flows in the form of documents, orders, requests addressed within the enterprise, outgoing or incoming from the external environment. According to the levels of enterprise management, data processing / transaction systems are distinguished - operational level; management information systems, management information systems - tactical level; automated decision support systems - strategic level.
Substantiated recommendations on the application of the concept of management of business structures and business potential on the basis of ensuring a stable viable organization, a work team connected by an idea, motivated to effective joint work on the implementation of the chosen strategy and the implementation of plans for the development of market, business and collective potential.
Keywords: potential, management, business processes, strategy, European integration.

Unprecedented changes that are taking place in modern social life - the intensification of global competition, the coronavirus pandemic, the full-scale war of Russia against Ukraine, the European integration directions of the socio-economic development of the economy are characterized by the growing role of knowledge, information, innovations and technologies as the main drivers of economic growth and competitiveness on the international stage levels The modern market requires business structures not only to adapt to changes in business conditions,

but also to actively implement complex management approaches that ensure their sustainable development, innovative renewal, and the ability to quickly respond to changes in the external environment and market requirements. This, in turn, emphasizes the need for in-depth theoretical and applied research into the mechanisms of managing entrepreneurial potential and the processes of its formation and implementation.

Socio-economic processes of the 21st century create fundamentally new challenges for all market subjects. Entrepreneurial flair and the presence of entrepreneurial potential are becoming a characteristic feature of all modern economic systems at various levels. - from an individual entrepreneur, a small business to a large corporation. The ability to see the future, determine the needs and opportunities of the market, justify the strategy, develop proactive management mechanisms, generate innovative solutions, develop effective partner networks, form and effectively implement entrepreneurial potential - are becoming relevant dynamic abilities that form sustainable competitive advantages of modern business structures.

The state of the modern economy, which is characterized by transformational changes in the business environment associated with global digitalization processes, business adaptation to the conditions of the COVID-19 pandemic and the activation of Internet communications, the conditions of Russia's war against Ukraine, the actualization of environmental problems, lead to the emergence of new communications and relationships, different from the industrial-type housekeeper. Such a state can be characterized as neo-economics [1, 2, 3]. The most important factor in the development of socio-economic systems is knowledge, new scientific studies of business processes, taking into account the processes of their digitalization and the level of innovation. Given the modern approach to the development of entrepreneurial activity, it is necessary to study entrepreneurial potential, intellectual capital and individual entrepreneurs who are carriers of such potential [3, 4, 5, 6].

In order to carry out effective management of business processes and their justified optimization, it is necessary to understand a clear sequence of the necessary transformations and to distinguish the stages of digital transformation of the business model of the enterprise, to outline the main changes and the necessary tools that will ensure such transformations.

The level of development of the digital economy in the countries of the world is considered a criterion for industrialization and development of the information society. The International Telecom-munication Union (ITU) forms the rating of the ICT Development Index, which characterizes the level of development of information and communication technologies in different countries [7]. The actualization of the role of transformation of business processes in the development of entrepreneurship is due to their influence on the overall entrepreneurial result, as well as the properties of: interdependence, compatibility, complementarity, innovativeness, adaptability to changes.

The ability of optimized business processes to spend resources sparingly contributes to timely and well-founded management decisions regarding the use of resource potential, promoting opportunities for high resource return and efficiency. Timely and up-to-date information makes it possible to determine where exactly it is necessary to concentrate resources in order to realize the priority tasks of the company. Smart-technologies Measures for the development of entrepreneurial potential expand the capabilities of specialists and allow to carry out the activities of the enterprise faster, more rationally, more economically and, as a result, more efficiently.

In addition, transformational changes under the influence of global digitalization of the economy cause differentiation of needs, forms and requests of consumers. The need to combine modern Smart-transformations with the dynamics of the market environment is characterized by the processes characteristic of industry 4.0 [2], which, in turn, forms the level of sustainable development of the country (see Fig. 1 [8, 9, 10]).

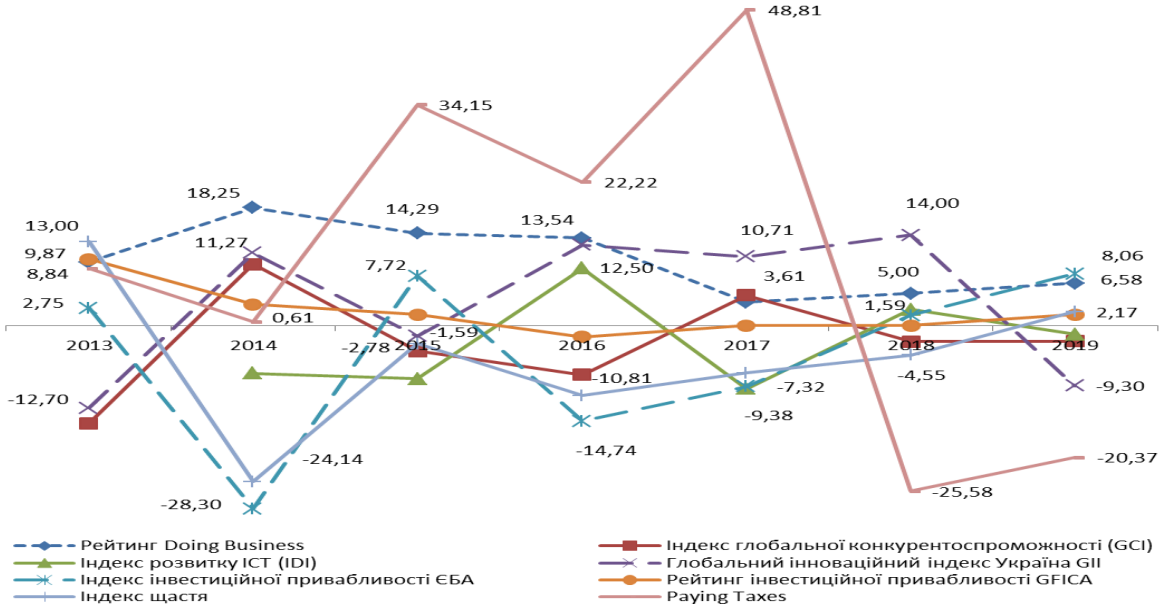


Figure 1 – Positions of Ukraine in international rankings [according to 11, 12, 13, 14]

The enterprise management system can be represented as an information system with various information flows in the form of documents, orders, requests addressed within the enterprise, outgoing or incoming from the external environment. According to the levels of enterprise management, data processing / transaction systems are distinguished - operational level; management information systems, management information systems - tactical level; automated decision support systems - strategic level.

Improved on the basis of sources [15, 16] characteristics of information systems by management levels are given in Table. 1.

Data processing / transaction systems (in foreign literature - Data Processing System (DSP), and in domestic - automated control systems (ACS)), if there is such a need, must be synchronized with the information systems for managing technological processes at the enterprise. The data processing system makes it possible to make control over the execution of business processes transparent, so that the state of the enterprise at all workplaces can be quickly ascertained at any time.

Modern technical support makes it possible to implement complex information systems at enterprises that automate operational and tactical levels of management. They are called corporate information systems or management information systems. Such information systems are extensive with complex architecture and many users.

Table 1. The Characteristics of Information Systems by Management Levels

Information Systems / Characteristic	Data / Transaction Processing Systems	Information Management Systems	Decision Support Systems
Base System Technologies	Technologies focused on operational (transactional) data processing (Online Transaction Processing – OLTP)	Technologies of interactive analytical data processing (On-Line Analytical Processing – OLAP)	Methods of statistical analysis, expert systems, mathematical and simulation modeling, intelligent data analysis (Data Mining technology) (artificial neural networks, systems for finding logical rules in data)
Functions	Registration in the database and the processing of elementary events, the accompanying flow of business processes	Automation of accounting, as well as personnel accounting, warehouse accounting, transport department, sales department and financial operations, integration with information systems of production automation	Solving the constantly arising decision making tasks
Performers	Direct performers of business processes (storekeepers, workers, cashiers, accountants, administrators of department) – operational managers	Highly qualified staff of information and computer units of the enterprise – middle-management	Management of firms, enterprises – top managers
Aim	Ability to find out quickly the state of the company in all workplaces at any time	Analysis of performance indicators, planning and monitoring of their implementation	Solving tasks of business processes management of the enterprise at the strategic level, that is, at the level of top managers
Task	Solving tasks of business processes management of the enterprise at the operational level	Collection of orders for the production program formation	Output and promotion of new products on the market, search for new markets, selection of sources of funding, attracting investors, engineering and reengineering business processes
Documents	Payment orders, limit-fetched cards, bills, expendable and profitable orders	Tactical plans	-
Time Frame	Not more than one day	From several days to several weeks	A year or more
Examples of software products	1C: Enterprise 7.7, Parus, BEST	1C: Enterprise 8.0, Galaxy	Analyst's Notebook, IBase, IBridge, Analyst's Workstation

In the modern realities of market development, when the economic gap between countries that are developing information technologies, which have accumulated innovative potential for global competition, and those that are still forming it is increasing, and on the other hand, it is increasingly difficult for enterprises to function effectively on the market alone, they seek to coordinate and combine efforts in competition, forming integration structures of various

types. The revitalization of international cooperation promotes the exchange of experience and knowledge, the transfer of technologies, the digitalization of activities, the formation of new sales markets for products and services. However, with new opportunities come new threats. First of all, advantages in the competitive struggle are obtained not by those economic entities that have certain resources at a specific moment in time, but by those that are characterized by business activity, are able to generate and implement proactive and risky innovative solutions, and have up-to-date marketing information about needs and market expectations about how resources can be obtained in sufficient quantity on time at an acceptable price, and can maintain such ability for a long time.

The specified characteristics determine the peculiarities of the entrepreneurial potential and its carriers - the company's employees.

The existence of real opportunities to sell a product or provide a service encourages the manufacturer to realize its production capabilities, the produced products are sold on the market, that is, a market opportunity is realized to sell a certain amount of products at a specified price, at the same time, the market responds to the market (or state-established) price and quantity of sold products, forming income enterprises. The financial result of the realization of production and market opportunities forms financial opportunities to invest in production for the market of one or another product that produces [17].

Since the modern external environment is changeable and dynamic, there is an expansion of international cooperation, which is associated with uncertainties and risks, so the factors of forming the company's potential can also determine the negative result of using the opportunity. So, for example, an existing favorable market opportunity prompted the production of a certain type of product, which was presented on the market after a certain point in time, but the opportunity due to objective factors (state regulation of prices, the offer of a more perfect product, etc.) realized a negative market opportunity, which did not allowed the enterprise to receive income, and therefore realized a negative opportunity of the market (in the form of unearned income and of a financial nature - receiving a loss, underachievement of profit, realized a negative production opportunity: a decrease in production volumes, a decrease in the productivity of resources, etc.

The idea of the potential of the enterprise as a set of possibilities does not deny the management system and resources of the enterprise, but represents the field of possible and achieved results of the functioning of the business entity from the point of view of the implementation of both positive and negative options for the development of reality. The creation of opportunities in the theory of enterprise potentials is identified as the processes of enterprise potential formation, which, according to the direction of one or another study, are defined as:

1) the process of forming the company's strategic resources;

2) the process of forming a management system as an organizational potential;

3) the process of using opportunities.

For example, according to A.V. Kopylov, when describing the structural model of strategic potential formation, it is noted that "the strategic potential of an enterprise arises as a result of the interaction of the resources that provide it" [17]. "When forming a strategic potential, it is necessary to proceed from the fact that its structure represents a certain interconnected set of its local potentials, that is, the potential of each type of resources that ensure the most effective implementation of long-term goals and strategic directions of the enterprise's development" [17].

Regarding the second approach, for example, N. S. Krasnokutska calls the process of forming the company's potential one of the directions of its economic strategy and defines it as the process of "creating and organizing a system of resources and competencies in such a way that the result of their interaction is a factor of success in achieving strategic, tactical and

operational goals of the enterprise" [17, 20, 21], and O. I. Olesyuk, I. M. Repina, O. S. Fedonin, considering the peculiarities of the formation of the enterprise's potential, pay attention to the sectoral peculiarities and trends in formation of the resource base: "the formation of the company's potential is the process of identifying and creating a spectrum of entrepreneurial opportunities, its structuring and the construction of certain organizational forms for stable development and effective reproduction" [21, p. 27]. V. G. Gerasimchuk points out that "the formation of the potential of the enterprise is a process of implementing measures to ensure the market opportunities of the enterprise by changing its characteristics and properties to the required level in accordance with the set goals" [18, p. 42]. I. Z. Dolzhanskyi, T. O. Zagorna, and O. O. Udalykh clearly define the main measures by which "the formation of organizational potential is achieved: designing the company's structure and forming the company...; the organization of the company's activities in accordance with the established goals of the activity...; the organization of management of the company's activities...; restructuring of the company and reorganization of its activities and management of activities in accordance with changes in the needs of society...; the development of motivation for the rationalization of organizational structures and management systems" [20, c. 68].

The difference between these approaches is that the first emphasizes the organization of resources, and the second focuses on the processes of managing the enterprise as a whole. However, neither the first nor the second approaches put the primary capabilities of the enterprise. After all, if we talk about the potential as a set of opportunities that are its components, then it is necessary to consider, first of all, the process of forming the capabilities of the enterprise, which simultaneously realizes the ability to use them, which corresponds to the third approach to the process of potential formation. Therefore, the process of forming the company's potential should be understood as: a dynamic complex process of generating opportunities for the development of the company under the influence of external environmental factors and the ability to realize these opportunities by means of the created competences of effective use of resources.

Regarding the factors of potential formation, it should be noted that there is no single explanation of their essence and role, since they take the form of potentials, resources, or management systems, a set of competencies. Understanding the constitution of these factors is represented by the model of enterprise potential formation. The most common of them are the multi-level structural model (R. V. Marushkov [7, 83]), the square of the enterprise potential (I. M. Repin [20, 137]), the block-module structuring of the potential is presented (E. V. Popov and V. L. Khanzhina [22, 142]), a system model of the resource potential of the enterprise (N. P. Pyatkova [23, 112]). The main purpose of these models is to present the interrelationship of potential formation factors. Thus, the multi-level structural model proposed by R. V. Marushkov covers the functional levels of the enterprise's activity using its resource (technique and technology, personnel, its abilities, information) and organizational (management) components. "The square of the enterprise's potential" is represented "by such blocks as production, distribution and sales of products, organizational structure and management, marketing and finance" [2, c. 21]. This model presents a system of complex rating evaluation based on the system of indicators according to the above-mentioned functional blocks. The block-modular structuring of the enterprise's potential is based on the interaction of three components, which cover all the strategic components of the enterprise, which allow to achieve the set goal and most fully characterize the state of the enterprise - resources, management system and personnel activities [2, 4, 8, 20]. the system model of resource potential combines the following elements: resources, reserves, potential opportunities and a strategic asset - organizational resources (intellectual, innovative and informational) [2, 4, 18].

Summarizing approaches to structuring the potential and entrepreneurial potential of an enterprise [4, 16, 17], we can conclude that this theory has evolved from a simple enumeration

of enterprise resources and a description of their interaction to a combination of resources and an organizational component and its functional support.

In modern economic literature, which is devoted to the problems of the efficiency of operations, the success of enterprises in the conditions of a changing environment, much attention is paid to the market factors of the success of the enterprise, in particular to competitive advantages, which ensure the market advantage of the enterprise compared to other competing enterprises. This approach will also be fair regarding the management of the company's potential. Thus, the market potential is a peculiar characteristic of the economic potential, its external manifestation, therefore the formation of the market potential creates a "high-level" competitive advantage, strengthening the competitive status of the enterprise and, in general, its competitiveness [2, 4, 17.

Since the establishment of the entrepreneurship institute, it has always been considered the most massive, dynamic and flexible form of business life in society. However, the value priorities of the development of various societies are not always aimed at the activation of entrepreneurship, which is connected with the dominant socio-political system, cultural values and traditions, own geopolitical vision, etc. That is why countries differ greatly in their ability to use entrepreneurial potential and direct it to the growth of social welfare. Considering Ukraine's declared course of integration into the European business environment, it is advisable to make certain comparisons regarding the presence of entrepreneurial potential, the level and conditions for its implementation in Ukraine and EU countries. Such a comparative analysis is aimed at finding a more perfect form of organization of the domestic business environment by studying the experience of successful countries and identifying those features that should be taken into account when developing entrepreneurship support programs.

Taking into account the fact that the competitiveness of the enterprise is the ability of the enterprise to effectively use competitive advantages, including its market potential, while strengthening its position on the market for the long term or to expand the occupied market sector, to constantly search for and rationally realize the identified reserves of market potential in conditions of limited resources. In this regard, it is appropriate and necessary to manage the development and competitiveness of the company's potential by optimizing its market potential.

It is obvious that the level of market potential at a specific moment in time can only be determined by a discrete assessment, but the subsequent development process requires a dynamic series of such assessments. In addition, by its nature, the level of market potential is not only a dynamic function, but also characterized by continuity, and therefore discrete estimates do not always reproduce its sudden changes.

In our opinion, the model of static and dynamic assessment of the market potential of the enterprise can be presented as follows. Thus, the model for quantitative assessment of the market potential of the i-th enterprise at a certain time t=ty will have the following form:

$$РП_i(t) = \{П_{мзi}(t); П_{мрi}(t); П_{ммзi}(t)\},\ t=t_y, \quad (1)$$

$П Р_i(t), П З_i(t), П М_i(t)$,– accordingly, the quantitative assessment of resource potentials, enterprise opportunities on the market, and the ability to realize the capabilities of the i-th enterprise at a certain point in time $t=t_y$.

According to the results of the assessment of the market potential of the enterprise, the trajectory of the quantitative change in its value for the i-th enterprise over a certain period of time (ΔT) is constructed in the form of:

$$fI_{РПi}(\Delta T) = \{I_{РПi}(t_1), I_{РПi}(t_2), I_{РПi}(t_3),..., I_{РПi}(t_i)\},\ t_y \in \Delta T, \quad (2)$$

де $I_{PIIi}(t_{iy})$ – the quantitative value of the integral indicator of the assessment of the market potential of the i-th enterprise for a certain period of time $t=t_{y.}$.

Thus, with the help of partial and complex indicators, we get the opportunity to quantitatively assess the market potential of the enterprise, as a manifestation of internal statics and dynamics of development.

The management of the enterprise, making strategic decisions regarding the planning of the development of market potential, that is, determining the goals, methods and opportunities of entering the market, consolidating and developing its activities not only in domestic but also in foreign markets, should make appropriate changes in the strategic development plan.

So, the traditional approach to business structure management is based on a linear view of the functioning of socio-economic production systems. According to this view, the result of managerial influence is an unambiguous and linear consequence of applied efforts.

But modern enterprises are non-linear systems that are capable of building and structuring themselves, it is only necessary to correctly initiate the desired trends of its self-development through the processes of forming their potential.

Today, when the problem of the need for frugal and rational use of resources, ensuring competitive advantages is especially relevant, the concept of synergism should be formed, which would be a direction for researching the emergence and development of positive feedback between elements of potential and the subsequent process of enterprise development. It is this concept that should become a modern paradigm of managing business structures and business potential under the conditions of neo-economics. Synergistic effects, which are characterized as the results of the formation, use and development of the components of the company's potential, and which lead not only to an increase in quantity, but also to a change in quality, are an adequate tool for assessing the development of business structures and their potential.

Within such a concept, the management of entrepreneurial structures and entrepreneurial potential should be directed towards the creation of a stable viable organization, a work team connected by an idea, motivated to effective joint work on the implementation of the chosen strategy and the implementation of plans for the development of market, entrepreneurial and collective potential. The efficiency of activity, competitive advantages, market share and market capture are not an end in themselves, but characterize the necessary conditions for the realization of development prospects.

The formation of the synergistic effect of the interaction of the elements of the entrepreneurial potential of the enterprise in the conditions of the dynamism of the environment and the neo-economy should be defined as a strategic aspect of enterprise management, a tool of competitive struggle (in domestic and international markets) and focus on its justification in the process of strategic and tactical planning.

In order to identify the synergistic effect of the interaction of the elements of the marketing potential, it is advisable, in our opinion, to classify them according to the functional feature, and to position the marketing potential itself in the structure of the overall potential of the enterprise [4]. Such a classification will ensure the identification, formation and implementation of such system-forming properties as: the ability of potential elements to self-develop, interchange, dynamism and changeability of connections between them, quick and effective response to external influences.

Thus, the synergistic effect of managing entrepreneurial potential should be understood as the effect of developing abilities to realize market opportunities, study, satisfy and form consumer demand, manage a market segment, implement statutory activities and initiate the emergence of new opportunities, achieve the maximum positive result due to a positive systemic effect.

Therefore, the synergy of the elements of entrepreneurial potential consists in obtaining an additional positive effect from the interaction of all its elements compared to the simple sum of their results. Mathematically, this can be represented using the formula:

$$ППП = \sum_{i=1}^{n} \int (e_1, e_2, e_3, ..., e_n), ППП \to e_m + 1. \quad (3)$$

ППП – entrepreneurial potential of the business structure ;
e_1, e_2, e_3,…, e_n – elements of entrepreneurial potential.

Then, the development of entrepreneurial potential should be considered as a function that depends on a certain number (set) of arguments. The synergistic effect of the interaction of the elements of the enterprise's entrepreneurial potential will be formed as a result of the optimization of the relationship between the elements of the enterprise's potential, due to which it is possible to achieve greater results than in cases when they function separately:

$$F(ППП) \geq \sum eei, \quad (4)$$

eei – *i*-й an element of entrepreneurial potential highlighted for research.

When applying entropy in the management of the company's potential in modern conditions, one should take into account the fact that the business structure is an open system, which is characterized by processes of exchange of resources with the external environment. Thus, under the influence of external factors, the "business structure" and "business structure potential" systems tend to undergo certain changes. And, although we are talking about the "negentropy of management", we should consider the measure of entropy of the potential of the enterprise and its entrepreneurial component.

The effect of entropy arises because there is no absolutely isolated system in nature, so there is a constant process of exchange of resources, energy, and information between systems. This process occurs due to the fact that everything in nature strives for balance, but this is possible only with a constant process of decay. That is, from the point of view of physics, we can say that every system, including the entrepreneurial and aggregate potential of business structures, can be characterized from the point of view of both entropy and negentropy.

Management of the entrepreneurial and aggregate potential of business structures involves influencing the processes of its formation, use and development and requires the development of an integrated management system that would combine the management of all processes and resources of functional potentials, business processes and their transformation. In modern conditions of globalization and neo-economics, the construction of such a system should take into account the peculiarities of business structures of a specific industry, modern developments in management, and be carried out in accordance with the goals of enterprises and market influencing factors.

References

1. Daniel Bell's (1976) . The Coming of Post-Industrial Society: A Venture in Social Forecasting URL: https://www.amazon.com/Coming-Post-Industrial-Society-Venture-Forecasting/dp/0465097138
2. Kapitał intelektualny i smart-technologie w zarządzaniu nowoczesnym przedsiębiorstwem / I. Riepina, A. Gonchar // Actual problems of modern science. Monograph: edited by Matiukh S., Skyba M., Musial J., Polishchuk O., Bydgoszcz (Poland) – 2021 – 770 p. – P. 110-120.
3. Неоекономіка та імперативи розвитку підприємництва: монографія / І.М. Рєпіна, В.П. Кукоба, О.О. Кизенко та ін.. – К.: КНЕУ, 2021. – 243. ISBN 978-966-926-358-2

4. Gonchar O. Substantiation of the model of innovative development of the enterprise / Proceedings of the 6th International Conference on Strategies, Models and Technologies of Economic Systems Management (SMTESM 2019),), volume 95 : 6th International Conference on Strategies, Models and Technologies of Economic Systems Management. – Published by Atlantis Press, 2019. This is an open access article under the CC BY-NC license https://www.atlantis-press.com/proceedings/smtesm-19/125917677
5. Порохня В. М. Управління знаннями як потенціалом інтелектуального капіталу в забезпеченні конкурентоспроможності підприємств галузі. Держава та регіони. Сер. Економіка та підприємництво. 2012. № 1. С. 82─88.
6. Впровадження інновацій на промислових підприємствах. Економічна статистика [Електронний ресурс] / Наука, технології та інновації. – Режим доступу: http://www.ukrstat./gov.ua/
7. Industry 5.0: Announcing the Era of Intelligent Automation / Intellias URL: https://www.intellias.com/industry-5-0-announcing-the-era-of-intelligent-automation/
8. Sustainable Development report 2021 / Includes the SDG Index and Dashboards / The Decade of Action for the Sustainable Development Goals URL: https://ucap.io/wp-content/uploads/2021/06/2021-sustainable-development-report.pdf
9. The Global Enabling Trade Report [Electronic recourse] / World Economik Forum 2020. – Mode of access: URL: http://www.weforum.org/ reports/ global-enabling-trade-report-2018
10. The Human Capital Index 2020 Update : Human Capital in the Time of COVID-19 / World Bank 2020. URL: https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/34432
11. Doing Business 2020, a World Bank / Measuring Business Regulations, 2020. URL: https://www.doingbusiness.org/
12. GEM. Global Entrepreneurship Monitor. Executive Report – Babson College. (1999) Kauffman Foundation and London Business School, 126 p. URL: https://www.kauffman.org/
13. Germany Breaks Korea’s Six-Year Streak as Most Innovative Nation / Bloomberg Innovation Index 2020. URL: https://www.bloomberg.com/news
14. Global Entrepreneurship Monitoring 2019 / 2020 Global Report — Way of access: URL: https://www.gemconsortium.org/report/gem-2019-2020-global-report
15. Адамик О.В. (2016) Інформаційні системи управління підприємством: вибір базових технологій та програмного забезпечення [Електронний ресурс] / О.В. Адамик, С.В. Сисюка // Глобальні та національні проблеми економіки. – 2016. – Вип. 14. – С. 891-895. Режим доступу: http://global-national.in.ua/archive/14-2016/178.pdf
16. Information systems as an instrument for the enterprise potential development / O. I. Gonchar, I. V. Filipishyn, O. S. Shcherbina // Scientific bulletin of Polissia, 2017. – № 4 (12). Ч. 2. – P. 16-21. http://nvp.stu.cn.ua/uk/2016-10-17-17-57-19/item/881-gonchar-o-i-filipishyn-i-v-shcherbina-o-s-information-systems-as-an-instrument-for-the-enterprise-potential-development.html
17. Gonchar O.I. Anagement potential of the company with regard flock business life / O.I.Gonchar // Scientific bulletin of Polissia, 2016. – № 3 (7). – P. 190 – 196. ISSN 2410-9576. http://journals.uran.ua/nvp_chntu/article/view/85151/80789 .
18. Герасимчук В. Г. Розвиток підприємства: діагностика стратегія, ефективність / В. Г. Герасимчук. – К. : Вища шк., 1995. – 167 с.
19. Метод комплексной экспертной оценки потенциала производственного предприятия [Электронный ресурс] // Вісн. КДПУ ім. М. Остроградського. –

2009. – Вип. 2(55), ч. 1. – Режим доступа: http://www.nbuv.gov.ua/portal/Natural/Vkdpu/ 2009_2/PDF_2_2009_ch1/117.pdf
20. Рєпіна І. М. Підприємницький потенціал: методологія оцінки та управління / І. М. Рєпіна // Вісник Української академії державного управління при Президентові України. – 1998. – № 2. – С. 262–271.
21. Федонін О. С. Потенціал підприємства: формування та оцінка : підруч. для студ. ВНЗ / О. С. Федонін, І. М. Рєпіна, О. І. Олек-сюк. – Київ : КНЕУ, 2004. – 316 с.
22. Черников Д. А. Эффективность использоваяия производственного потенциала и конечные народно-хозяйственные результаты / Д. А. Черников // Экон. науки. - 1981. – Т. X. - С. 24-29.
23. Introducing the EBRD Knowledge Economy Index EBRD [Electronic resource]. 2019. Mode of access URL:: https://www.ebrd.com/news/ publications/brochures/ebrd-knowledge-eco-nomy-index.html

MODELING OF ECCENTRIC ROTOR DYNAMICS IN AN UNBALANCED MAGNETIC FIELD

Goroshko A., Zembytska M.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The paper studies the dynamics of a three-phase induction motor with squirrel cage rotor, which has eccentricity of different kinds. For this purpose, a mathematical model of oscillations of a rigid rotor with mass eccentricity, which oscillates on two elastic supports, is established. The model is further extended to take into account the forces of unbalanced magnetic pull, which arise under static and dynamic magnetic eccentricity. A simulation model in Simulink/Simscape Multibody environment is created to solve the obtained nonlinear model. The simulation of induction motor dynamics is carried out and the vibration signals are analyzed in time and frequency domain. Vibrations caused by static magnetic eccentricity occur at twice the electrical frequency. Vibrations caused by dynamic eccentricity take the form of a rotor frequency signal modulated by a low frequency depending on the rotor precession. The model can be used for vibration diagnostics of motor rotor eccentricity.
Keywords: Vibration, squirrel-cage induction motor, rotor eccentricity, UMP

Introduction

Electric machines are increasingly being used in a wide variety of industries due to a number of advantages, such as high efficiency and the ability to be directly connected to the drive's working body. One of the challenges in the design and operation of electric motors is the high level of vibration. Vibration is the main cause of bearing failure and a source of noise. The main cause of motor vibration is an unbalanced rotor [1].

The quality of rotor operation directly determines the performance of the motor. Rotor imbalance can occur both due to rotor mass eccentricity, when the center of inertia does not lie on the rotor axis of rotation, and due to unbalanced magnetic pull (UMP). Since in most cases the motor rotor can be considered rigid, the problem of rotor mass eccentricity is usually successfully solved by balancing. More difficult to solve is the problem of unbalance caused by magnetic forces, in particular UMP. Under ideal conditions, the air gap between the stator and rotor is uniform and symmetrical. Under this condition, the resulting radial magnetic attraction force around the rotor circumference is zero [2]. However, in practice, the air gap is not uniform in the circumferential direction for various reasons of manufacturing, assembly, and operation. The resulting radial magnetic attraction force of the rotor is no longer zero, and this magnetic attraction force is called the unbalanced magnetic force [1]. Magnetic eccentricity and UMP causes additional radial load on the bearing, which, firstly, reduces its service life, and secondly, further increases UMP.

A distinction is made between static and dynamic eccentricity. Static eccentricity occurs due to the eccentric position of the rotor in the stator bore, so the non-uniform configuration of the air gap does not change in time when the rotor rotates. [3]. In dynamic eccentricity, which occurs due to the eccentric position of the rotor relative to the shaft axis, the configuration of the air gap changes during rotor rotation, which is due to the rotation of the rotor axis relative to the stator axis. Given the small size of the air gap of induction motors, even a small rotor eccentricity, violating the symmetry of the machine design, significantly deteriorates its performance.

Related works

Many papers have been devoted to the problem of induction motor vibrations, and, in particular, to the study of UMP. Paper [3] proposes proactive damping of vibrations caused by unbalanced voltage. To do this, the authors used MATLAB/Simulink software to implement the designed active power filter to dampen the oscillations of an induction motor. The authors

of [4] studied the UMP by the finite element method and obtained the dependences of vibration characteristics at static, dynamic, and mixed eccentricities. Paper [5] additionally investigated the force and stiffness of the UMP and showed that dynamic eccentricity has a more dangerous effect on vibrations, reducing the rigidity of the system. Paper [6] presents a multi-body model of a powerful induction motor on a compliant foundation. By analyzing the vibrations for different slip values, the effect of electromagnetic field damping is shown. In [7], this paper addresses the use of pole-specific search windings in a wound rotor induction motor and proposes their use in condition monitoring systems. The authors of [8] conducted a thorough study of torque harmonics and current harmonics of the stator of an induction motor. The obtained results help to identify the origin of these harmonics as a result of the interaction of the stator current and magnetic induction from the rotor in the air gap.

Despite the existence of studies on the subject of induction motor vibrations under the influence of UMP, the mechanism of UMP occurrence, the interaction of mass and magnetic unbalance forces, and possible solutions to the problem require additional research. For this purpose, this paper proposes a simulation model of a rotor with mass eccentricity, static magnetic eccentricity, and mixed magnetic eccentricity, which allows studying the phenomena of unbalance under the simultaneous action of forces of different nature.

Methodology

Mathematical model of rotor vibrations

In the proposed model, a rigid rotor of mass *m* of the motor has three degrees of freedom and, rotating with an angular velocity Ω, can make small translational movements in the direction of the *x* and *z* axes. In the model shown in Fig. 1, the following assumptions are made:

- the elastic characteristics of all supports are linear;
- the rotor is assumed to be rigid and its deformations are neglected;
- the position of the center of mass point *S* of the rotor is known;
- the stator is considered to be absolutely rigid and rigidly fixed to a rigid foundation.

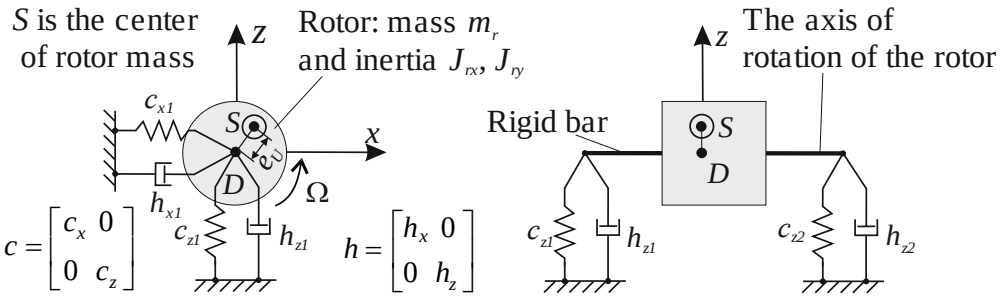


Fig. 1. Dynamic model of a rotor with mass eccentricity

In the diagram, the mass eccentricity is equal to $e_U = SD$, where point *D* is obtained as a result of the intersection of the rotor axis of rotation with a plane drawn through the center of mass point *S* perpendicular to the axis of rotation of the rotor. For generalized coordinates, we take the *x*, *y* coordinates of point *D*.

The kinetic energy of a system is defined as

$$T = \frac{1}{2} m \left(\dot{x}_s^2 + \dot{z}_s^2 \right) \tag{1}$$

where $\dot{x}_s, \dot{z}_s$ are projections of the full velocities of the point *S*;

m is the mass of the rotor.

The center of mass point *S* performs a complex motion: translational with a velocity $\dot{r} = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{z}^2}$ and rotational with velocity Ω. Then the projections of the total velocities are defined as:

$$\dot{x}_s = \dot{x} + \Omega e \cos \Omega t,\ \dot{z}_s = \dot{z} + \Omega e \sin \Omega t. \tag{2}$$

The potential energy of the system is determined through the elastic deformations of the bearing supports as

$$U = \frac{1}{2}\left(c_{x1} + c_{x2}\right)x^2 + \frac{1}{2}\left(c_{z1} + c_{z2}\right)z^2, \tag{3}$$

where $c_{x1}, c_{x2}, c_{z1}, c_{z2}$ are projections of the stiffness vectors of the supports 1 i 2.

The mechanical energy dissipation in the dampers of the supports is defined as

$$D = \frac{1}{2}\left(h_{x1} + h_{x2}\right)\dot{x}^2 + \frac{1}{2}\left(h_{z1} + h_{z2}\right)\dot{z}^2, \tag{4}$$

where $h_{x1}, h_{x2}, h_{z1}, h_{z2}$ are the projections of the viscous friction vectors of supports 1 and 2.

The differential equations of rotor oscillations are obtained from the Lagrange equation of the second kind, taking into account the energy dissipation during Rayleigh damping:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} + \frac{\partial U}{\partial q_j} + \frac{\partial D}{\partial \dot{q}_j} = 0,\ j = 1, 2. \tag{5}$$

Taking $\Omega = const$ in (5) we obtain a system of linear differential equations

$$\begin{aligned} m\ddot{x} + \left(h_{x1} + h_{x2}\right)\dot{x} + \left(c_{x1} + c_{x2}\right)x &= \Omega^2 me \sin \Omega t, \\ m\ddot{z} + \left(h_{z1} + h_{z2}\right)\dot{z} + \left(c_{z1} + c_{z2}\right)z &= \Omega^2 me \cos \Omega t. \end{aligned} \tag{6}$$

To analyze the effect of magnetic eccentricity, we use the approach described in [9, 10] (Fig. 2).

The value of the air gap of the eccentric rotor for an arbitrary eccentricity at any time is approximated:

$$\delta\left(\psi, t\right) \approx \delta_0 - e_m\left(t\right)\cos\left(\psi - \varphi\left(t\right)\right), \tag{7}$$

where δ_0 is the average value of air gap at rotor centering;

ψ is the stator position angle;

$e_m(t)$ is the value of magnetic eccentricity at time *t*;

$\varphi(t)$ is position angle of eccentricity (rotation of the rotor center) at time *t*.

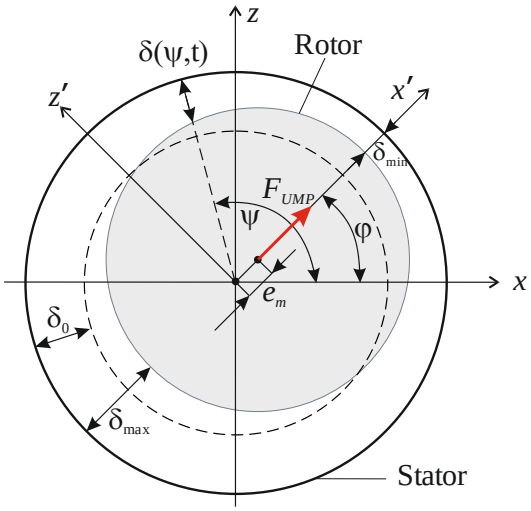


Fig. 2. Diagram of magnetic eccentricity of the rotor

At static eccentricity e_{ms} φ=const is the position angle of static eccentricity. At dynamic eccentricity e_{md} the eccentricity position angle is a function of time $\varphi(t)=\varphi_0+\Omega t$, where φ_0 is the initial position angle of the dynamic eccentricity.

UMP is highly nonlinear. The expression for the unbalanced magnetic pull on the rotor surface for number of pole pairs p=1 is defined as

$$\begin{aligned} F_{UMPx} &= f_1\cos\varphi + f_2\cos(2\omega t-\varphi)+ f_3\cos(2\omega t-3\varphi),\\ F_{UMPz} &= f_1\sin\varphi + f_2\sin(2\omega t-\varphi)+ f_3\sin(2\omega t-3\varphi), \end{aligned} \tag{8}$$

where F_{UMPx} and F_{UMPz} are projections of the magnetic pull force on the x and z axes, respectively;

ω is angular frequency of the motor stator winding power supply source;

f_1, f_2, f_3, f_4 are the amplitudes of the components of the UMP. They are calculated as follows,

$$\begin{aligned} f_1 &= 0.25Rl\pi\mu_0^{-1}F_j^2\left(2\Lambda_0\Lambda_1+\Lambda_1\Lambda_2+\Lambda_2\Lambda_3\right),\\ f_2 &= 0.125Rl\pi\mu_0^{-1}F_j^2\left(2\Lambda_0\Lambda_1+\Lambda_1\Lambda_2+\Lambda_2\Lambda_3\right),\\ f_3 &= 0.125Rl\pi\mu_0^{-1}F_j^2\left(2\Lambda_0\Lambda_3+\Lambda_1\Lambda_2\right),\\ f_4 &= 0.125Rl\pi\mu_0^{-1}F_j^2\Lambda_2\Lambda_3, \end{aligned} \tag{9}$$

where R is the rotor radius;

l is the rotor length;

F_j is the amplitude of the fundamental wave of magnetomotive force (MMF) of rotor excitation;

μ_0 is the air permeance;

Λ_i are the Fourier coefficients in the expression of the magnetic permeability of the air gap, which can be calculated as

$$\Lambda_i = \frac{\mu_0}{\delta_0}\frac{1+(1-\delta_{i0})}{\sqrt{1-\varepsilon^2}}\left(\frac{1}{1+\sqrt{1-\varepsilon^2}}\right)^i,\ i \geq 0. \quad (10)$$

where $\varepsilon = \frac{e_m}{\delta_0}$ indicates relative eccentricity;

δ_{i0} is Kronecker symbol.

The angular speed of rotation of the rotor taking into account the slip *s* of the induction motor is related to the angular speed of rotation of the magnetic field ω_m and the angular frequency of the electric current supplying the winding ω as follows

$$\Omega = (1-s)\omega_m = (1-s)\frac{\omega}{p}, \quad (11)$$

where *s* is the slip of the induction motor.

Taking into account the mass eccentricity and UMP, we obtain a system of differential equations to describe the rotor behavior

$$\begin{aligned} m\ddot{x} + (h_{x1}+h_{x2})\dot{x} + (c_{x1}+c_{x2})x &= \Omega^2 me\sin\Omega t + F_{UMPx}, \\ m\ddot{z} + (h_{z1}+h_{z2})\dot{z} + (c_{z1}+c_{z2})z &= \Omega^2 me\cos\Omega t + F_{UMPz}. \end{aligned} \quad (12)$$

We will use numerical methods to solve this system of equations with a nonlinear right-hand side.

Simulation model for numerical calculation

The simulation model was created in the *Simulink/Simscape multibody* environment of the MATLAB mathematical package. The general view of the model is shown in Fig. 3. The simulation model contains the "Rigid rotor" block, which implements the mathematical model (6). The "Calc UMP" subsystem calculates UMP for static magnetic eccentricity, dynamic magnetic eccentricity, and mixed magnetic eccentricity according to Equations (8). The influence of magnetic pulling forces on the rotor is performed by the "External Force and Torque" block. The "Measuring unit" subsystem provides vibration measurement and analysis of the vibration spectrum.

A three-phase squirrel-cage induction motor with a power of 11 kW and an operating speed of 3000 rpm was chosen for the simulation. The motor parameters are shown in Table 1.

Table 1. Parameters of the three-phase induction motor

Notation	Description	Value
	Motor data	
n	Rated speed (rpm)	3000
s	Rated slip	0.033
R	Radius of the rotor (mm)	63.5
l	Length of the rotor (mm)	130
m_r	Mass of the rotor (kg)	14.22
m_s	Mass of the stator (kg)	57.78
δ_0	Mean air-gap length (mm)	0.45
μ_0	Air permeance (H/m)	$4\pi\cdot10^{-7}$
F_j	Fundamental MMF amplitude of the rotor excitation current (A)	945
p	Number of pole pairs	1
c_{rx}, c_{rz}	Stiffness of bearing housing and end shield (N/m)	$5.52\cdot10^7$

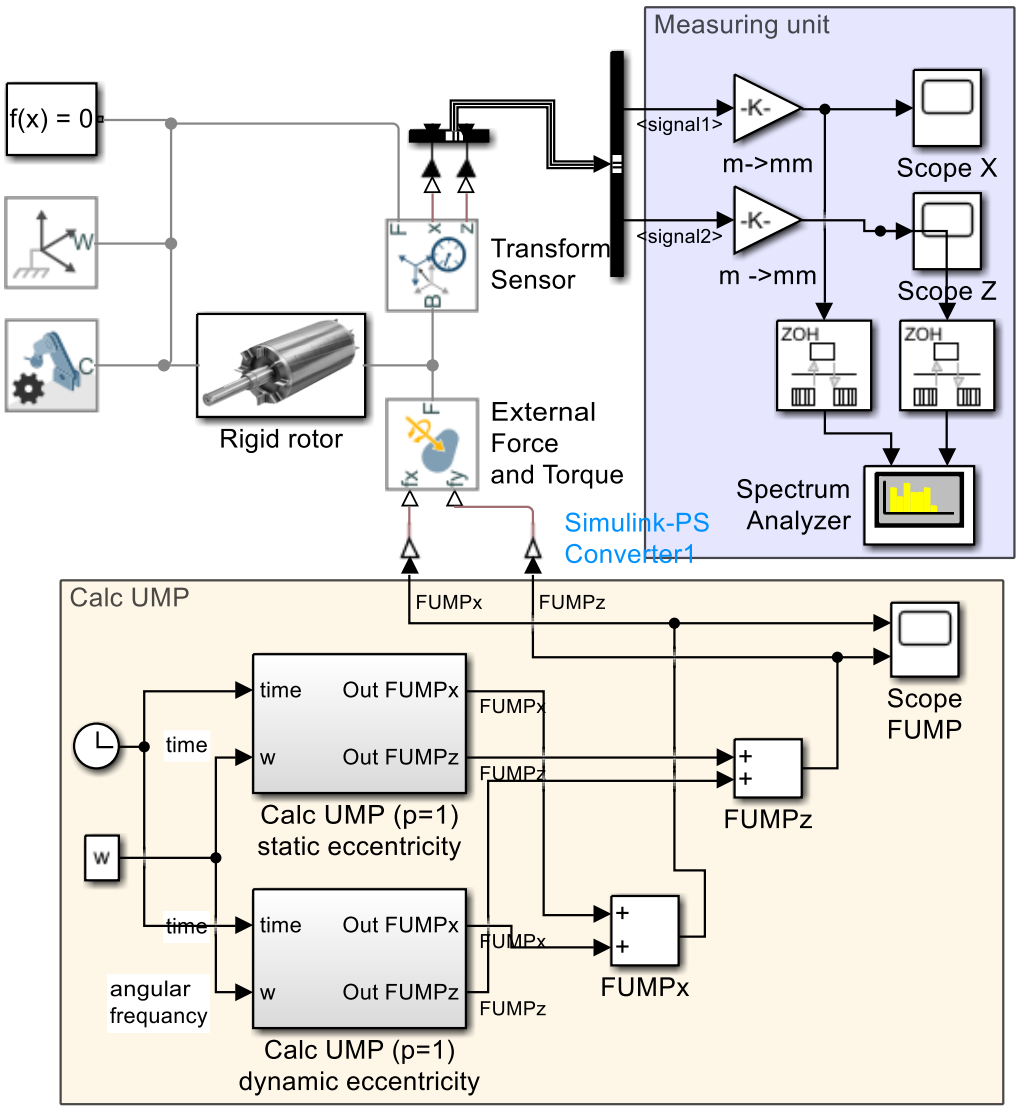


Fig. 3. Simulation model of rotor research

Simulation Results and Discussion

The simulation of the vibration process according to (12) was carried out at an operating rotor speed of n=2910 rpm, which corresponds to an angular rotation frequency of Ω=303.5 rad/s. The images of the rotor vibration signals along the z-axis at the value of the relative static magnetic eccentricity ε=5% are shown in Figs. 4-6. The image of the vibration signal spectrum at mixed magnetic eccentricity is shown in Fig. 7.

The static magnetic eccentricity causes a vibration with a double frequency 2ω of the electric one. In the spectrogram (Fig. 7), this harmonic is observed at a frequency of f=93.75 Hz. In addition, the static magnetic eccentricity causes the rotor to shift in the direction of the minimum air gap, which corresponds to the zero harmonic f=0.

Under the influence of dynamic eccentricity, the entire spectrum is centered on the rotor speed f=48.8 Hz. The time vibration signal is modulated with the rotor precession frequency.

Mixed magnetic eccentricity, which is most common in practice, is a source of a complex non-sinusoidal signal.

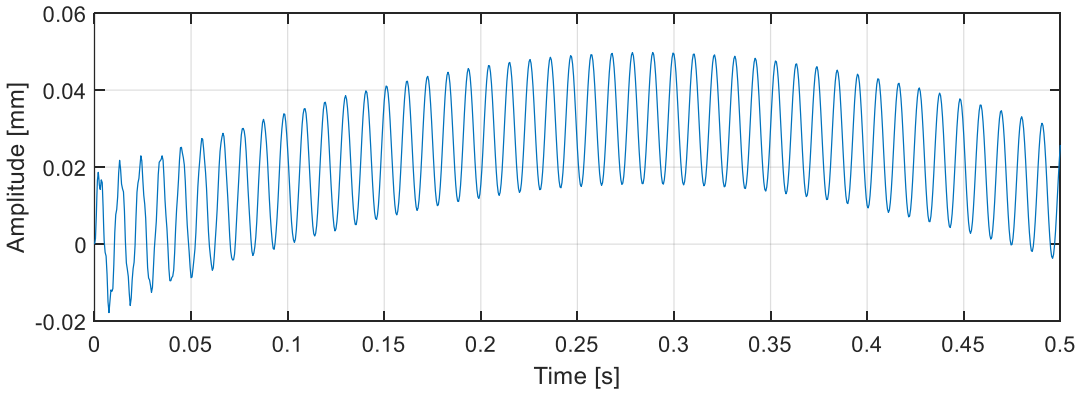


Fig. 4. Vertical rotor vibrations with static magnetic eccentricity ε=5%

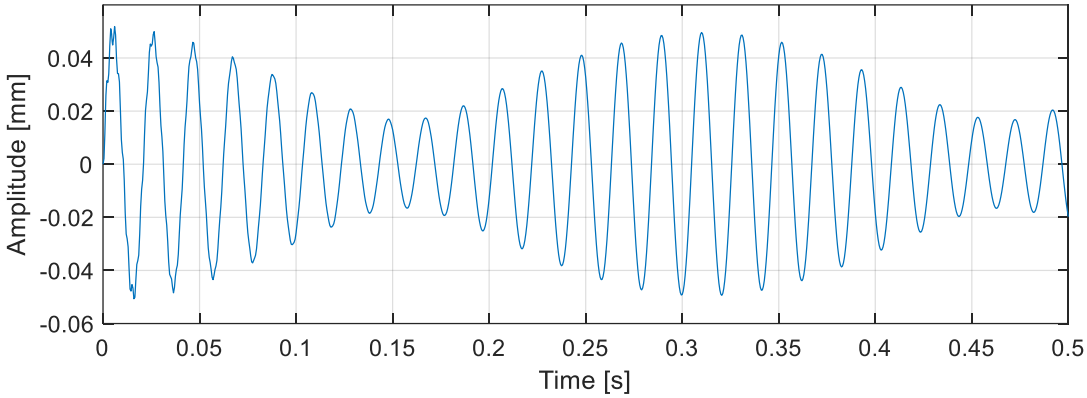


Fig. 5. Vertical rotor vibrations with dynamic magnetic eccentricity ε=5%

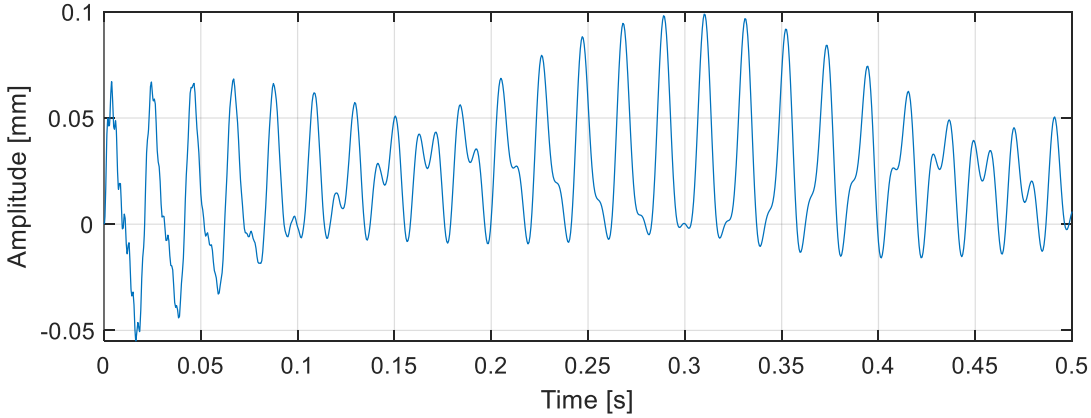


Fig. 6. Vertical vibrations of a rotor with mixed magnetic eccentricity ε=5%

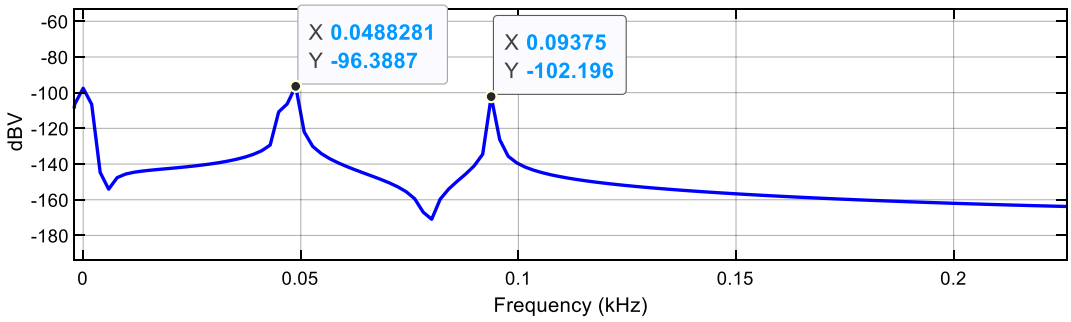


Fig. 7. Vibration signal spectrum at mixed magnetic eccentricity

Conclusion

The work created a mathematical model of oscillations of a rigid rotor, which oscillates on two elastic supports, taking into account mass and magnetic eccentricity.

Vibrations caused by static magnetic eccentricity occur at twice the electrical frequency. This feature reduces the overall rigidity of the rotor and lowers the critical rotor frequencies, which must be significantly higher than the operating frequency.

Vibrations caused by dynamic eccentricity take the form of a rotor speed signal modulated at a low frequency depending on the rotor precession.

The model can be used for vibration diagnostics of electric motor rotor eccentricity.

Bibliography

1. Popa, L. M., Jensen, B. B., Ritchie, E., et al. (2003). Condition monitoring of wind generators. 38th IAS Annual Meeting on Conf. Record of the Industry Applications Conf., Salt Lake City, Utah, USA, vol. 3, pp. 1839 - 1846
2. Salah, A. A., Dorrell, D. G., Guo, Y. (2019). A Review of the Monitoring and Damping Unbalanced Magnetic Pull in Induction Machines Due to Rotor Eccentricity. In IEEE Transactions on Industry Applications. 55(3). pp. 2569-2580
3. Normanyo, E., Prince Nkansah, J. (2021). Damping of Unbalanced Voltage-Caused Vibrations of Induction Motors. International Journal of Mechatronics, Electrical and Computer Technology (IJMEC). 11(42), pp. 5065-5073
4. Zhu, Rui, et al. (2023). Calculation and Analysis of Unbalanced Magnetic Pull of Rotor under Motor Air Gap Eccentricity Fault. Sustainability, 15(11), pp. 8537.
5. Kim, H., Sikanen, E., Nerg, J., Sillanpää, T., & Sopanen, J. T. (2020). Unbalanced magnetic pull effects on rotordynamics of a high-speed induction generator supported by active magnetic bearings–analysis and experimental verification. IEEE Access, 8, 212361-212370.
6. Werner, U. (2017). Mathematical multibody model of a soft mounted induction motor regarding forced vibrations due to dynamic rotor eccentricities considering electromagnetic field damping. Journal of Applied Mathematics and Physics, 5(2). 346-364.
7. Dorrell, D. G., & Salah, A. (2015). Detection of rotor eccentricity in wound rotor induction machines using pole-specific search coils. IEEE Transactions on Magnetics, 51(11), 1-4.
8. Mazur, D., & Trojnar, M. (2003). Modelling of electrical and mechanical phenomena in induction motors with air-gap eccentricity. In Proc. International Conference on Renewable Energy and Power Quality ICREPQ (p. 2003).
9. Du, J., & Li, Y. (2023). Analysis on the variation laws of electromagnetic force wave and vibration response of squirrel-cage induction motor under rotor eccentricity. Electronics, 12(6), 1295.
10. Wang, Z., He, W., Du, S., Yuan, Zh. (2021). Study on the Unbalanced Fault Dynamic Characteristics of Eccentric Motorized Spindle considering the Effect of Magnetic Pull. Shock and Vibration, vol. 2021, pp. 1-12

MODA JAKO DIALOG W KULTURZE. O UKRAIŃSKICH PROJEKTACH I REAKCJI ZACHODNIEGO ŚWIATA MODY NA WYBUCH WOJNY W 2022 ROKU NA ŁAMACH „ HARPER`S BAZAAR”

Górecka E.
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, Polska

Streszczenie. Przedmiotem rozważań jest dialog międzykulturowy, w jakim uczestniczy moda zachodnia i ukraińska na przykładzie publikacji zamieszczanych w „Harper`s Bazaar” od wybuchu wojny do 10.04.2024. Jego przejawy obejmują reakcję świata mody na Zachodzie na agresję Rosji, aktywność ukraińskich projektantów i domów mody oraz nawiązania do mody i kultury ukraińskiej w dziełach zachodnich artystów. Dwa pierwsze ujęcia pojawiają się równie często, trzecie wykazuje znacznie mniejszą frekwencję, ale informacje na ten temat są niezwykle bogate. Aktywność świata mody w tym czasie potwierdza, że jest on ważną częścią kultury. Wzrost zainteresowania dokonaniami ukraińskich projektantów przyczynił się również do rozpowszechniania na Zachodzie wiedzy o dziedzictwie tego kraju. Od początku tego dialogu pośredniczył w nim magazyn „Harper`s Bazaar” poprzez udostępnianie łamów, dzięki czemu moda i kreatywność tworzyły wspólnotę poprzez różne estetyki i tradycję. Ten aspekt mody jest współcześnie przedmiotem badań komparatystyki kulturowej, antropologii mody oraz historii sztuki i wiele wskazuje, że będą się one rozwijały, ponieważ, jak zauważył Pierre Bourdieu, moda, a w szczególności haute couture, należy do kultury wysokiej – haute culture.
Słowa kluczowe: moda, dialog międzykulturowy, Ukraina, wojna.

Moda jako trwały komponent kultury jest od XX wieku traktowana jako jeden z tekstów kulturowych[1] lub też jako swoisty system, który może być rozpatrywany jako strój realny, opisywany lub pokazywany[2]. W pierwszym rozumieniu będzie to komunikat[3] utrwalony w określonym systemie znaków, ograniczony, o układzie hierarchicznym, przeciwstawiony innym strukturom[4]. W drugim zaś to nienormatywna całość, cechująca się niestopniowalnością i wyraźną i opozycją moda/niemoda[5]. Oba te ujęcia odnoszą się do komunikatów kulturowych pełniących funkcję ekspresywną, informatywną, estetyczną oraz impresywną, w których wykorzystano różne systemy semiotyczne[6]. Zarówno dawniej, jak i współcześnie, moda jest przestrzenią dialogu pomiędzy kulturami i obiegami tej samej kultury, aktywizującymi takie obszary jak czas (przeszłość/ przyszłość), przestrzeń (odległe krainy), stosunek do rzeczywistości (*sacrum – profanum*). Osadzona w realnym świecie moda nigdy nie pozostaje wobec nich obojętna, a jej twórcy, tworząc nowe projekty, stale reinterpretują różne teksty kulturowe[7]. Ta ważna na przestrzeni wieków aktywność twórcza i autokreacja, wbrew pozorom utrzymuje się nawet w tych momentach dziejów, które naznaczone są kryzysami: ekonomicznymi, politycznymi, nawet zbrojnymi. Choć traci wówczas nieco na znaczeniu, to

[1] Pojęcia tekst kulturowy używam w znaczeniu nadanym mu przez Jurija Łotmana. Zob. J. Łotman, *Struktura tekstu artystycznego*, tłum. A. Tanalska, PIW, Warszawa 1984, s. 76-82.
[2] Barthes podkreśla, że w odniesieniu do mody można mówić o trzech strukturach: technologicznej, ikonicznej i słownej. R. Barthes, *System mody*, przeł. M. Falski, Wyd. UJ, Kraków 2005, s. 21-24.
[3] Łotman, jak pamiętamy, używa określenia `wyrażenie`. Zob. J. Łotman, dz. cyt., s. 76.
[4] Tamże, s. 76-82.
[5] R. Barthes, dz. cyt., s. 39.
[6] W koncepcji Umberta Eco będą to następujące semiotyki: komunikacja wzrokowa (VIII); systemy barw, strój; kody i komunikaty estetyczne (XII), przekaz masowy (XIII), kody retoryczne i ideologiczne (XIV). Zob. U. Eco, *Nieobecna struktura*, tłum. A. Weinsberg, P. Bravo, KR, Warszawa 1996, s. 391-392.
[7] Aktywność ta jest szczególnie wyrazista, gdy przyjmiemy, że kultura jest tekstem. Por. *O semiotycznym mechanizmie kultury,* tłum. J. Faryno, [w:] *Semiotyka kultury*, wyb. i oprac. E. Janus, M. R. Mayenowa, PIW, Warszawa 1977, s. 147-154.

jednak znajdujemy w historii przykłady poświadczające jej trwałość, jak chociażby moda francuska przed rewolucją i po niej[8]. Historia, zdaniem Barthes`a nie jest zdolna wpływać na formy w modzie, ale „może wpływać na rytm owych form, zaburzać go lub zmieniać"[9]. Nas jednak interesować będzie wpływ, jaki historia odgrywa w obrębie rytmu mody i jak wpływa na wiedzę o modzie współcześnie, a zwłaszcza, jak funkcjonują w kulturze Zachodu projekty ukraińskich projektantów i tamtejszych domów mody po wybuchu wojny w 2022 r.

Zacząć należy od przypomnienia, że wojny nigdy nie pozostawały obojętne dla mody ze względów ekonomicznych, społecznych, psychologicznych i politycznych. Jednak im bliżej współczesności relacje pomiędzy tymi czynnikami ulegają zmianie. O ile względy ekonomiczne do XIX wieku (m.in. brak materiałów) odgrywały kluczową rolę, a postawy polityczne od wieków manifestowano poprzez strój (np. moda patriotyczna po powstaniu listopadowym, dżinsy w okresie PRL)[10], o tyle wraz z rozwojem komunikacji, a szczególnie pojawieniem się nowych mediów, wymienione wcześniej determinanty zostały im właśnie podporządkowane. Interesującym przykładem tego zjawiska jest moda ukraińska, przez którą rozumiem aktywność tamtejszych projektantów i domów mody. Wybuch wojny w 2022 roku znacząco wpłynął na jej znajomość i rozpoznawalność w kulturze Zachodu. Podobnie jak propozycje twórców Europy Środkowej (np. czeskich) i Wschodniej (np. polskich, rosyjskich), dzieła stworzone przez ukraińskich artystów nie należą do powszechnie znanych[11]. Jednak tragiczne wydarzenie, o którym dzięki współczesnym mediom mogliśmy się dowiedzieć równocześnie z jego pojawieniem się, odegrało ważną rolę w zwiększeniu rozpoznawalności mody ukraińskiej oraz zainteresowania nią zarówno w ze względów estetycznych, kulturowych, ale i ekonomicznych. Już w marcu 2022 odnotowano wzrost wyszukiwań hasła „odzież ukraińska" o 300% i zakupu strojów niebieskich i żółtych o 800%[12]. Jednocześnie od 2022 dostrzegalne są częstsze nawiązania do kultury ukraińskiej. Intensyfikowanie uwagi poświęcanej modzie projektowanej w państwie, któremu przyszło zmagać się z wojną, jest zjawiskiem wyraźnym, ale też ambiwalentnym. Z jednej strony może ono przyczynić się do zaciekawieniem kulturą i jej twórcami, z drugiej uświadamia nam, jak wiele z dziedzictwa europejskiego nie doczekało się należytego zainteresowania oraz badań i dopiero takie tragedie jak wojna, ewokują je.

Dobrą ilustrację tych zjawisk stanowią *Listy Światowego Dziedzictwa UNESCO*, na których odnotowano tylko jeden nowy wpis: **kultura związana z przyrządzaniem barszczu ukraińskiego**[13]**, zaś na Liście obiektów wymagających pilnej ochrony nie dokonano**

[8] J. C. Bulman, *L'Habit en Révolution: Mode et Vêtements dans la France d'Ancien Régime [Revolution in Style: Dress and Fashion in Pre-Revolutionary France]*, Boston 2008, s. 1-55. https://dlib.bc.edu/islandora/object/bc-ir:102326/datastream/PDF/view. [dostęp: 09. 04.2024]; F. Boucher, *Historia mody*, tłum. P. Wrzosek, Arkady, Warszawa 2004, s. 309-328.

[9] R. Barthes, dz. cyt., s. 293-294.

[10] I. Jarosińska, *Moda polska i romantyczna*, IBL, Warszawa 2017, s. 59-69; M. Możdżyńska-Nawotka, *Pozór kostiumu. Historyzm i orientalizm w modzie kobiecej w Polsce id XVIII do początku XX wieku,* Muzeum Narodowe, Wrocław 2021, s.151-158; A. Pelka, *Teksas-land. Moda młodzieżowa w PRL*, Trio, Warszawa 2007, s.185-206.

[11] Sacha Zajcew tworzył od lat 60., a jego projekty były znane nielicznym na Zachodzie. Dopiero okres pierestojki (1985-1991) przyniósł mu sławę, do czego przyczyniły się projekty strojów dla Raisy Gorbaczowej, sportowców reprezentujących jego kraj na olimpiadzie w Moskwie w 1980 roku. Por. https://web.archive.org/web/20090709195106/http://www.fashionweekinmoscow.com/designers/designers_detail.php?ID=1425.[dostęp: 09.04.2024].

[12] C. Ferrero, *Angel for Fashion, la tienda que lleva la moda ucraniana a todo el mundo en tiempos de guerra*, 07.04.2022, https://www.harpersbazaar.com/es/moda/noticias-moda/a39647443/tienda-apoyo-disenadores-ucrania-angel-for-fashion/, [dostęp: 09.04.2024].

[13] https://www.unesco.pl/kultura/dziedzictwo-kulturowe/dziedzictwo-niematerialne/listy-dziedzictwa-niematerialnego/wpisy-2022/, [dostęp: 11.04.204].

żadnych uzupełnień[14]**. Warto też odnotować, że** wpisy obejmujące dziedzictwo materialne (te przeważają) niematerialne[15] oraz *Międzynarodowa Lista Pamięci Świata*[16] obejmują tylko jeden element kultury ukraińskiej, który jest pośrednio związany ze strojem i modą**: Ornek, wzornictwo Tatarów krymskich i związaną z nim wiedzę**[17]. O ile w obrębie zinstytucjonalizowanych działań na rzecz kultury nie można dostrzec wzrostu aktywności, o tyle odwrotną tendencję wykazują się media, domy mody i organizatorzy pokazów.

Gdy prześledzimy informacje na temat ukraińskiej mody i zagadnień z nią związanych na zachodnich stronach internetowych, to ich liczebność jest znaczna. Większość pism związanych z nią zamieściło artykuły dotyczące konkretnych twórców, wybranych kolekcji, domów mody lub cech charakterystycznych tych propozycji. Ich wielość warta jest odnotowania, ale szczególnie ciekawa jest podejmowana tematyka. Uwagę skupię na „Harpers Bazaar" ze względu na jego rolę w świecie mody.

W magazynie tym od 24.02.2022 do 10.04.2024 r. w wielu publikacjach pojawiły się różnego rodzaju informacje odnoszące się do mody ukraińskiej. Były to zarówno artykuły wzbogacone o materiał ikonograficzny, jak i wzmianki w tekstach poświęconych światu mody, a nawet wydarzeniom kulturalnym, politycznym i historycznym. Uważne ich przejrzenie umożliwia wskazanie trzech obszarów, na których skoncentrowali się autorzy. Pierwszym jest reakcja świata mody na Zachodzie na wybuch wojny; drugim – aktywność ukraińskich projektantów i domów mody; trzecim – nawiązania do mody i kultury ukraińskiej w projektach zachodnich artystów. Niemal równa frekwencja cechuje dwa pierwsze ujęcia, trzecie wykazuje znacznie mniejszą, ale – co warte podkreślenia – ich zawartość informacyjna jest niezwykle bogata. Należy też wspomnieć o czasie publikacji, który wykazuje wyraźny związek z charakterem publikacji. W pierwszym roku wojny większość wiadomości dotyczyła reakcji branży na to wydarzenie. W kolejnych zaś omawiano propozycje ukraińskich projektantów, formy działania domów mody, komentowano kolekcje prezentowane na pokazach oraz informowano o miejscach, w których stroje te można nabyć. Metateksty te (odnoszą się przecież do mody jako tekstu kulturowego) odzwierciedlają oswajanie się świata z wojną oraz z coraz wyraźniejszą obecnością mody ukraińskiej na Zachodzie.

Wybuch wojny został na łamach „Harpers Bazaar" omówiony wielokrotnie jako wydarzenie polityczne, ale też, co ciekawe, zwrócono uwagę – i to już na początku marca 2022 r. – na jego konsekwencje kulturowe[18]. Najczęściej pisano o rożnych rodzajach wsparcia dla zaatakowanego kraju ze strony świata mody. Już 4 marca 2022 pojawił się artykuł szczegółowo prezentujący finansowy wkład zachodniego świata mody we wsparcie dla Ukrainy. Kering – spółka, w której posiadaniu są takie domy jak Gucci, Alexander McQueen, Balenciaga, Bottega Veneta i Saint Laurent), Only The Brave Foundation (Diesel, Maison Margiela, Marni, Viktor & Rolf, Amiri i Jil Sander), Aspinal of London oraz sprzedawcy detaliczni: Net-a-Porter, Asos, Nanushka i Nike,
przekazały lub zapowiedziały wsparcie finansowe dla uchodźców[19]. Informowano o np.

[14] Zob. https://www.unesco.pl/kultura/dziedzictwo-kulturowe/dziedzictwo-niematerialne/listy-dziedzictwa-niematerialnego/obiekty-wymagajace-pilnej-ochrony/, [dostęp: 11.04.204].
[15] Por. https://www.unesco.pl/?id=298, [dostęp: 11.04.2024].
[16] Zob.https://www.unesco.org/en/memoryworld/grid?hub=1081&f%5B0%5D=countries%3A501c7f7d-f0c7-5ac3-a3e8-86ec665c6528&f%5B1%5D=dataset_filters%3A0c157dbc-4b60-4452-a3c4-4f82590ed206#toggle-facets, [dostęp: 11.04.2024].
[17] Zob. https://www.unesco.pl/?id=637, [dostęp: 11.04.2024].
[18] Autorka wspomina o zagrożeniach i stracie, jakie poczynili Rosjanie – zniszczeniu dzieł Marii Prymachenko. Zob. E. Griglié, *Guerra in Ucraina, quando i conflitti distruggono anche i patrimoni culturali*, 02.03.2022, https://www.harpersbazaar.com/it/cultura/a39297502/ucraina-russia-guerra-cosa-succede/, [dostęp: 11.04.2024].
[19] *How the fashion industry is reacting to the crisis in Ukraine*, 04.03.2022, https://www.harpersbazaar.com/uk/fashion/fashion-news/a39296118/fashion-brands-ukraine-support/, [dostęp: 11.04.2024]; *Aspinal of London launches Ukraine crisis fundraising collection*, 08.12.2022, https://www.harpersbazaar.com/uk/fashion/fashion-news/a42134454/aspinal-ukraine-scarf-keyring/, [dostęp: 11.04.2024]; S. Ullate, M.

o słowach wsparcia modelek oraz ich donacjach dla uchodźców (np. Gigi Hadid)[20] i odczuciach ich ukraińskich koleżanek zarówno tych, które zmuszone do pozostania zagranicą protestowały w mediach społecznościowych (Kristy Ponomar)[21], jak i przebywających w Ukrainie (Lara Graldina)[22], sprzeciwie ważnych ukraińskich domów mody i projektantów (Anna October, Sleeper[23], Ienki Ienki, Sofiya Kvasha, Katya Timoshenko i in.)[24]. Manifesty ukraińskiego świata mody zyskały odpowiedź strony zachodniej. Były to apele o zerwanie współpracy ze stroną rosyjską (Voque), ale też wyrażano sprzeciw wobec ataku w formie estetycznej. Wspominano o strojach noszonych przez celebrytów wywodzących się z różnych krajów i środowisk podczas różnego typu wydarzeń. Na stronach „Harper`s Baazar" wielokrotnie wspominano sukienki w barwach narodowych Ukrainy noszone przez Jill Biden i jej wnuczkę podczas koronacji Karola III[25] oraz niebieskim kolorze stroju księżnej Walii[26]. Artykuły te odnotowują wyraźnie zaznaczający się dialog międzykulturowy obejmujący strój pełniący funkcję symboliczną.

Działania tego rodzaju przybierały także inną postać. Celebryci, niekiedy związani ze światem mody, wybierali stroje ukraińskich projektantów, by wyrazić solidarność z walczącym narodem. Na łamach interesującego nas magazynu pojawiły się informacje o Belli Hadid, która w tym celu założyła spodnie domu mody Bevza z pokazu na jesień /zimę 2022/27 i Beyoncé

Villar, *De Inditex al grupo LVHM: el mundo de la moda une fuerzas por Ucrania*, 11.03.2022, https://www.harpersbazaar.com/es/moda/noticias-moda/a39307832/moda-ucrania-guerra-apoyo-donacion-cierre-redes-sociales/, [dostęp: 11.04.2024].

[20] M. Yamamoto, *ロイヤルやミラ・ジョヴォヴィッチ、ジジ＆ベラも！ウクライナへのサポートを表明したセレブたち*, 01.03. 2022, https://www.harpersbazaar.com/jp/celebrity/celebrity-buzz/g39272597/celebrity-ukraine-220301-hb/, [dostęp: 11.04.2024]. Donacja była przeznaczona także dla uchodźców palestyńskich. Ch. Sanchez, *Gigi Hadid Will Donate Her Fashion Month Earnings to Ukrainian and Palestinian Refugees*, 07.02.2022, https://www.harpersbazaar.com/celebrity/ latest/ a39352042/gigi-hadid-donate-fashion-month-earnings-ukrainian-palestinian-refugees/, [dostęp: 13.04. 2022].

[21] R. Sanches, *Ukrainian Model Kristy Ponomar Is Stuck in Paris While Her Family Hides From Bombs*, 08.03. 2022, https://www.harpersbazaar.com/culture/politics/a39373140/ukrainian-model-kristy-ponomar-stuck-paris-fashion-week/, [dostęp:11.04.2024].

[22] Graldina jest też artystką i przewodniczką wycieczek po Czarnobylu. R. Pendlebury, *Chernobyl tour guide Lara Graldina: "It wasn't radiation that stopped everything for me, it was Putin"*, 12.03.2022, https://www.harpersbazaar.com/uk/culture/culture-news/a39415480/chernobyl-guide-lara-graldina-interview/, [dostęp:11.04.2024].

[23] Marka ta stała się jeszcze bardziej rozpoznawalna dzięki Margot Robbie, która na pokazie filmu pt. „Barbi" odziana była w strój oferowany przez Sleeper. J. Davis, *You can shop Margot Robbie's perfectly pink Barbie pyjamas*, 20.12.2023, https://www.harpersbazaar.com/uk/fashion/fashion-news/a45890078/ margot-robbie-sleeper-pyjamas, [dostęp: 12.04. 2024].

[24] *How the fashion industry is reacting to the crisis in Ukraine*, dz. cyt; R. Sanchez, *Ukrainian Designer Katya Timoshenko Is Scared, but Hopeful*, 07.03.2022, https://www.harpersbazaar.com/culture/ politics/ a39355030/ukrainian-fashion-designer-katya-timoshenko-katimo-scared-war-russia/, [dostęp: 13.04.2024].

[25] Ch. Sanchez, *All the Celebrities Who Attended King Charles III's Coronation*, 06.05.2023, https://www.harpersbazaar.com/celebrity/latest/a43813576/celebrities-attended-king-charles-coronation-2023/, [dostęp:11.04.2024]; R. Sanchez, *Finnegan Biden Steals the Show at King Charles III's Coronation*, 06.05.2023, https://www.harpersbazaar.com/celebrity/latest/a43810703/who-is-finnegan-biden-yellow-dress-king-charles-coronation-2023/, [dostęp:13.04.2024].

[26] Q. Legardye, *Performance for the Eurovision Final*, 13.05.2023, https://www.harpersbazaar. com/ celebrity/ latest/a43883036/princess-kate-plays-piano-surprise-eurovision-2023-appearance/, [dostęp: 11.04.2024]; Q. Legardye, *The Princess of Wales wears Jenny Packham for a surprise Eurovision piano performance*, https:// www.harpersbazaar.com/uk/celebrities/news/a43888499/princess-kate-plays-piano-surprise-eurovision-2023-appearance/, [dostęp:13.04.2024].

[27] R. Sachez, *Bella Hadid Just Made the Exposed-Thong Trend Look Chic*, 02.05.2022, https:// www.harpersbazaar. com/celebrity/latest/a39879135/bella-hadid-exposed-thong-trend-outfit-bevza/, [dostęp:11.04.2024].

w sukience Frolov podczas koncertu w Dubaju[28]. Nietrudno zauważyć, że manifestacje wsparcia w świecie mody i z modą związane ewoluowały w kierunku estetyki i symboliki, a ich frekwencja nie słabła, czemu towarzyszyło wykorzystywanie coraz bardziej spektakularnych wydarzeń: od pierwszego od czterech lat koncertu gwiazdy muzyki po koronację. Jednocześnie na tym tle uwagę zwraca brak większego zainteresowania autorów szczegółami projektów ukraińskich artystów – wymienia się tylko ich nazwiska lub domy mody, co wskazuje z jednej strony na skuteczność przekazu celebrytów, ale też na przesunięcie uwagi na funkcję symboliczną strojów, kosztem ich walorów artystycznych.

W relacjach kulturowych pojawiła się także inna tendencja w 2022 roku, tuż po wybuchu wojny. Pokazy mody na jesień 2022 (ready-to-wear, 28.02-08.03. 2022) potwierdzają zacieśnianie się obszaru wymiany do wydarzeń związanych wyłącznie z modą. W trakcie prezentacji przygotowywanych jeszcze przed 24 lutego 2022 r., niektórzy projektanci wygłaszali oświadczenia, inni protestowali, naruszając pierwotne scenariusze pokazów[29] (Armani zrezygnował z muzyki), a Demna – projektant Balenciagi – na swoim koncie na Instagramie zamiast zdjęć strojów zamieścił flagę ukraińską oraz adres z linkiem do przekazania datków. Postawy te, wynikające z zaskoczenia agresją Rosji, potwierdzają, że świat mody szybko włączył się w akcje protestacyjne. Naruszenie struktury prezentacji, odstąpienie od wykorzystania tła muzycznego stanowiącego integralną część pokazu, wykorzystanie konta w mediach społecznościowych do wyrażenia sprzeciwu i zachęty do wsparcia finansowego, świadczą o nowej lokalizacji dialogu kulturowego. Pokaz mody bowiem jest spektaklem, odkąd w 1938 roku Elsa Schiaparelli przygotowała pierwszą tematyczną kolekcję i pokaz (*Circus*) wyreżyserowany, posiadający scenografię i wykorzystujący dźwięki[30]. Wspomniany pokaz mody Balenciagi odsłania powagę, z jaką projektanci podeszli do wojny w Ukrainie. Demna zdążył włączyć się w ciąg protestów, przygotowując oświadczenie i wprowadzając do prezentacji nowe znaczenia. Projektantowi udało się w przygotować koszulki w barwach flagi ukraińskiej oraz druki zawierające słowa skierowane do uczestników wydarzenia - jedne i drugie czekały na nich na krzesłach. T-shirty stały się elementami międzykulturowego dialogu, dzięki wykorzystaniu symboliki barw. Noszone przez widzów wywodzących się z różnych części świata, były wyrazem sprzeciwu oraz komunikatem implikującym zainteresowanie walczącym krajem[31] i jego kulturą. Na łamach „Harper`s Bazaar" oraz innych pism poświęconych modzie, zamieszczono artykuły cytujące słowa Demny, który wypowiadając się o wojnie w Ukrainie, przywołał własne doświadczenie uchodźctwa spowodowanego wydarzeniami w Gruzji w 1993 r.[32].

Komunikat ten jest interesującym przykładem dialogu międzykulturowego – obejmuje bowiem wspólnotę doświadczenia, a przede wszystkim stanowi metatekst. Demna zajął się również refleksją na temat znaczenia mody w kulturze w momentach kryzysów i uznał, że nie ma ona wówczas znaczenia, w przeciwieństwie do pokoju, a jej zadaniem jest wyrażenie

[28] G. Driver, *ビヨンセ、4年ぶりのライブでウクライナ人デザイナーを支援*, 24.01.2023, https://www.harpersbazaar.com/jp/culture/music-book/a42632709/ beyonce-ukrainan designer - atlantistheroyalhotel-230124-hns/, [dostęp: 13.04.2024].

[29] R. Tashjian, *Should Fashion Be Escapist?*, 02.03.2022, https://www.harpersbazaar.com/fashion/ fashion-week/ a39297751/escapist-fashion-dior-saint-laurent-dries-van-noten/, [dostęp: 13.04.2024].

[30] Projektanta wykorzystała też produkowane przez siebie perfumy. B. Meyer-Stabley, *Kobiety, które wstrząsnęły światem mody*, tłum. M. Szewc-Osiecka, U. Basałaj, Rebis, Poznań 2014, s.198.

[31] Błękit symbolizuje niebo kojarzone z pokojem, żółć – zboże, z którego uprawy słynie Ukraina.

[32] R. Tashajian, *Confronting Ambiguity and Loss at Balenciaga*, 07.03.2022, https://www.harpersbazaar.com/fashion/a39356017/confronting-ambiguity-and-loss-at-balenciaga/, [dostęp: 14.04.2024]; M. Scofield, *Un pasado como refugiado y una tormenta de nieve: así ha homenajeado Balenciaga a la población ucraniana*, https://www.harpersbazaar.com/es/moda/noticias-moda/a39347908/balenciaga-guerra-ucrania-desfile-refugiado-vida-demna/, [dostęp: 14.04.2024].

stanowiska wobec zaistniałej sytuacji[33]. Artysta określił zatem funkcję mody w takich okolicznościach, dostrzegając jej potencjał retoryczny, pragmatyczny oraz etyczny i uznał ją za ważny komponent kultury, którego znaczenie wykracza poza estetykę, czas oraz przestrzeń. Twórca mody włączył do pokazu stroje o znaczeniu symbolicznym (kobieta w niebieskiej sukni, mężczyzna w stroju żółtym). Projekty te, wplecione w narrację na temat kryzysu klimatycznego, okazały się niezwykle skuteczne jako forma protestu, dzięki symbolice oraz metaforyce, które łączą ludzi i kultury, pomimo tego, że pokaz nie był dla widzów widowiskiem komfortowym ze względu na eschatologiczny charakter.

Wybuch wojny wpłynął również na działanie ukraińskich domów mody i aktywność projektantów. Próbę pokonania trudności, jakie w tych okolicznościach, są oczywiste, podjęła zarówno strona ukraińska, jak i zachodnia. Dla artystów, których firmy były zagrożone upadkiem, powstała platforma sprzedażowa „Angel of Fashion", którą współtworzyła amerykanka Jen Sidary[34]. Oferuje ona ok. 700 artykułów, takich twórców i marek jak 91Lab, AATSU, A.M.G., Bob Basset, BOBKOVA, DAMN Jewelry, DZHUS, Elena Burynina, ELENA REVA, FOBERINI, Fox Lingerie, FROLOV, GASANOVA, GUD Bags, GUDU, GUNIA Project, Hélène Litorelle, Have A Rest, INDPOSHIV, J`amemme, Kachorovska, KATERINA KVIT, Kofta Bags, Lady Hunter, MARSALA, MY SLEEPING GYPSY, MY TWENY FIVE, NUÉ STUDIO, Olena Dats, OLIZ, OMELIA, PASCAL, POCHÉ, PODYH, POHUY, SAMOKISH, T.MOSCA, VALERY KOVALSKA, dostępnych na całym świecie poza Rosją i Białorusią. Julia Pelipas zaś przeniosła do Londynu upcyklingową markę Bettter[35].

Nawiązania tych twórców do rodzimej kultury niewątpliwie wpływają na wzrost zainteresowania jej dziedzictwem. Projektanci, podkreślali znaczenie tradycji, z której się wywodzą, jej potencjału, który połączony z ofertą handlową służyć będzie dynamizowaniu relacji interkulturowych oraz wsparciu finansowemu i utrzymaniu miejsc pracy w kraju ogarniętym wojną. Apel Natashy Kamenskiej i Marii Gavryliuk (Gunia Project) o wsparcie dla rodzimego rzemiosła jest tożsamy z pomocą dla historii i kultury[36]. Realizację tych zamiarów dostrzec można w wielu projektach. Lilia Litkovska w 2023 roku przygotowała kolekcję „Vesnianki", w której rozkwit przyrody uczyniła metaforą odrodzenia społeczeństwa i hołdem dla ukraińskich pieśni ludowych głoszących pochwałę tej pory roku[37]. Svitlana Bevza, projektując biżuterię, odwołała się do motywu kłosa pszenicy, ważnego dla tradycji jej kraju, przekształcając go w symbol walki o wolność[38]. Artystka podkreśliła także, że niektóre jej projekty zmieniły znaczenie w kontekście wojny, np. naszyjniki i torebki kopertówki w kształcie łódek, implikują teraz ucieczkę[39]. Kris Marán, dom mody Kristiny i Anny Stelmakh, zaproponował niewielką kolekcję „Ethnic", proponując cztery stroje w kolorze czarno-białym,

[33] „La moda no importa ahora. El mensaje debe ser el amor y la paz, y la moda tiene que asumir una posición fuerte en esta crisis.". Tamże.

[34] C. Ferrero, *Angel for Fashion, la tienda que lleva la moda ucraniana a todo el mundo en tiempos de guerra*, 07.04.2022, https://www.harpersbazaar.com/ es/moda/ noticiasmoda/ a39647443/tienda-apoyo-disenadores - ucrania-angel-for-fashion/, [15.04.2024].

[35] A. de Klerk, *Julie Pelipas brings her upcycling brand Bettter to Browns for a special collaboration,* 15.12.2023, https://www.harpersbazaar.com/uk/fashion/fashion-news/a45832590/bettter-julie-pelipas/, [dostęp: 16.04.2024].

[36] A. de Klerk, *Ukrainian fashion brands on what you can do to help right now*, 24.02.2023, https:// www. harpersbazaar.com/uk/fashion/g40087860/ukrainian-fashion-brands/, [dostęp: 15.04.2024].

[37]E. Vloeimans, *Lilia Litkovska is succesvol mode-ontwerper uit Oekraïne: 'We begeven ons in een periode van wedergeboorte'*, 31.05.2023, https://www.harpersbazaar.com/nl/ mode-juwelen/ a44037710/lilia-litkovska-mode-ontwerper-oekraine/, [dostęp: 16.04.2024]; https://litkovska.com/ collections/vesnianka, [dostęp:16.04.2024].

[38] A. S. Cohn, *The Ukrainian Designer Whose Jewelry Has Become a Symbol of Resistance*, 13.09.2023, https://www.harpersbazaar.com/fashion/designers/a41188432/svitlana-bevza-ukraine/, [dostęp: 16.04. 2024].

[39]R. Pendlebury, *Svitlana Bevza:"Within a week, my life has totally changed"*, 24.08.2022, https:// www .harpersbazaar.com/uk/fashion/fashion-news/a39360144/svitlana-bevza-interview/, [dostęp: 16.04.2024].

ozdobione tradycyjnym haftem borszczowskim[40]. Takich przykładów można by znaleźć więcej, co potwierdza, że ukraińscy projektanci są niezwykle świadomi swej spuścizny narodowej, a ich kolekcje wpływają na rozpoznawalność rodzimej kultury na Zachodzie.

Podobną rolę odegrały pokazy mody, w których uczestniczyli, począwszy od London Fashion Week (Ksenia Schnaider, Pascal, Frolov)[41], podczas którego w tym roku zaplanowano na 19 września Ukrainian Fashion Week. Wyjątek stanowi udział Jeana Gritsfeldta w Berlin Fashion Week w 2022 roku, kiedy to artysta pokazał stroje z nadrukami w języku ukraińskim i angielskim wyrażające sprzeciw wobec wojny i pochwałę pokoju[42]. Działania ukraińskich twórców mody w międzykulturowym dialogu objęły również aktywność artystyczną związaną z przygotowaniem pokazów. Dobrym przykładem jest wkład Olesi Trofimenko w scenografię prezentacji Haute Couture na jesień/zimę Diora 2022-23 w Paryżu w Muzeum Rodina. Opierała się ona na grafice wieloformatowej przedstawiającej motyw drzewa życia w formie haftu 3D – symbolu kobiecości, ciągłości i przyszłości. Dzięki temu projektowi, który doskonale korespondował z kolekcją Marii Grazii Chiuri**,** nawiązującą do folkloru i wykorzystującą hafty, uznano Trofimenko za „wielką ambasadorkę Ukrainy i jej sztuki”[43].

Zachodni twórcy uczestniczyli w interesującym nas dialogu także poprzez swoje projekty. Spektakularnym przykładem jest pomysł domu mody Lever Couture z Berlina, który prowadzi Lessja Verlingieri, Ukrainka od dziesiątego roku życia mieszkająca w Niemczech. Zaproponowała białą, długa suknię, na której można drukować cyfrowo przesłanie –„Listy miłosne do Ukrainy” – dostarczone przez każdego, kto wykaże taką wolę. Pomysł ten, wsparty przez Millę Jovovich, Keshę, Krysten Ritter, Banks, Nicolę Formichetti, Rinę Sawayamę, zasilał Fundację Zełenskiej[44]. Projektantka, pośrednicząc między kulturą Wschodu i Zachodu, modę uczyniła przestrzenią wspólnoty wartości, estetyki i człowieczeństwa w sposób niezwykle oryginalny. Indywidualne przesłania współtworzące suknię stanowią bowiem obszar dialogu kultur i więzi w trudnej dla Ukrainy sytuacji.

Aktywność świata mody w czasie nadal toczącej się wojny potwierdza, że jest on ważną częścią kultury. Wzrost zainteresowania dokonaniami ukraińskich projektantów przyczynił się również do rozpowszechniania wiedzy o dziedzictwie tego kraju, które od dawna zasługiwało na większą obecność w kulturze Zachodu. Początek dialogu kulturowego, w którego *spatium* stała się moda, wyznaczyły różnego typu reakcje jej twórców na wybuch wojny, by stopniowo objąć projekty ukraińskich i zachodnich stylistów oraz pokazy mody, do których przenikało dziedzictwo zaatakowanego kraju. Magazyny mody – w tym „Harper`s Bazaar”– miały w nim swój udział poprzez udostępnianie łamów. Dzięki ich pośrednictwu mogliśmy i nadal możemy stale śledzić dialog, o którym projektantka Diora – Maria Grazie Chiuri – tak mówi, wspominając współpracę z Olesią Trofimenko: „[…] moda, sztuka i kreatywność to sposób na

[40]R. Sanchez, *Why These Ukrainian Designer Sisters Are Going Back to Work*, 19.04.2024, https://www.harpersbazaar.com/fashion/designers/a39564099/ukrainian-designers-sisters-kris-maran-war-back-to-work/, [dostęp: 16.04.2024].

[41] K. O`Malley, *Ukrainian designers Ksenia Schnaider, Paskal and Frolov*, 22.02.2023, https://www.harpersbazaar.com/uk/fashion/fashion-news/a43017913/ukrainian-designers-london-fashion-week-ksenia-schnaider-paskal-frolov/, [dostęp:16.04.2024].

[42]N. Hermosín, *Jean Gritsfeldt, diseñador ucraniano: "Si estás en un refugio antibombas a nadie le importa lo que llevas puesto"*, 18.03.2022, https://www.harpersbazaar.com/es/moda/noticias-moda/ a39473562/jean-gritsfeldt-disenador-ucraniano-desfile-sangre-berlin-denuncia/, [dostęp: 16.04.2022].

[43] S. Ullate, *Olesia Trofimenko, la artista ucraniana tras la escenografía del desfile de Alta Costura de Dior*, 12.07.2022, https://www.harpersbazaar.com/es/moda/noticias-moda/a40589499/olesia-trofimenko-ucrania-artista-arbol-vida-decoracion-dior/, [dostęp:16.04.204].

[44] *"Love Letters to Ukraine", il nuovo progetto di Lever Couture*, 24.02.2023, https://www.harpersbazaar.com/it/moda/tendenze/a43054607/love-letters-to-ukraine-progetto-lever-couture/, [dostęp: 16.04.2024].

zbudowanie mostu”[45] współtworzonego poprzez różne estetyki i tradycję. Ten jej aspekt jest współcześnie przedmiotem badań komparatystyki kulturowej, antropologii mody oraz historii sztuki i wiele wskazuje, że będą się one rozwijały, ponieważ, jak już wcześniej zauważył Pierre Bourdieu, moda, a w szczególności *haute couture*, należy do kultury wysokiej – *haute culture*[46].

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”



Bibliografia:

Barthes R., *System mody*, przeł. M. Falski, Wyd. UJ, Kraków 2005.
Bourdieu P., *Haute couture and haute culture*, [w:] *Fashion theory: a reade*, ed. M. Barnard,
Routledge, New York 2020, s. 46-52.
Boucher F., *Historia mody*, tłum. P. Wrzosek, Arkady, Warszawa 2004.
Eco U., *Nieobecna struktura*, tłum. A. Weinsberg, P. Bravo, KR, Warszawa 1996.
Jarosińska I., *Moda polska i romantyczna*, IBL, Warszawa 2017.
Łotman J., *Struktura tekstu artystycznego*, tłum. A. Tanalska, PIW, Warszawa 1984.
Łotman J., Uspieński B., *O semiotycznym mechanizmie kultury*, tłum. J. Faryno, [w:] *Semiotyka kultury*, wyb. i oprac. E. Janus, M. R. Mayenowa, przedm. S. Żółkiewski, PIW, Warszawa 1977, s.147-170.
M. Możdżyńska-Nawotka, *Pozór kostiumu. Historyzm i orientalizm w modzie kobiecej w Polsce id XVIII do początku XX wieku,* Muzeum Narodowe, Wrocław 2021.
Pelka A., *Teksas-land. Moda młodzieżowa w PRL*, Trio, Warszawa 2007.

Netografia:

"Love Letters to Ukraine", il nuovo progetto di Lever Couture, 24.02.2023, https://www. harpersbazaar. com/it/moda/tendenze/a43054607/love-letters-to-ukraine-progetto-lever-couture/, [dostęp: 16.04.2024].
https://litkovska. com/collections/vesnianka, [dostęp:16.04.2024].
Aspinal of London launches Ukraine crisis fundraising collection, 08.12.2022], https://www.harpersbazaar.com/uk/fashion/fashion-news/a42134454/aspinal-ukraine-scarf-keyring/, [dostęp: 11.04.2024].
Bulman J. C., *L'Habit en Révolution: Mode et Vêtements dans la France d'Ancien Régime [Revolution in Style: Dress and Fashion in Pre-Revolutionary France]*, Boston 2008, s. 1-55. https://dlib.bc.edu/islandora/object/bc-ir:102326/datastream/PDF/view, [dostęp: 09. 04.2024].
Cohn A. S., *The Ukrainian Designer Whose Jewelry Has Become a Symbol of Resistance*, 13.09.2023,

[45] “But fashion and art and creativity are a way to build a bridge.” R. Tashjian, *Dior’s Couture Diplomacy*, 03.11.2022, https://www.harpersbazaar.com/fashion/designers/a41821179/maria-grazia-chiuri-profile/, [dostęp:17.04.2024].
[46] P. Bourdieu, *Haute couture and haute culture*, [w:] *Fashion theory: a reade*, red. M. Barnard, Routledge, New York 2020, s. 46-47.

https://www.harpersbazaar.com/fashion/designers/a41188432/svitlana-bevza-ukraine/, [dostęp:16.04. 2024].
Davis J., *You can shop Margot Robbie's perfectly pink Barbie pyjamas*, 20.12.2023, https://www. harpersbazaar.com/uk/fashion/fashion-news/a45890078/margot-robbie-sleeper-pyjamas, [dostęp: 12.04. 2024].
de Klerk A., *Julie Pelipas brings her upcycling brand Bettter to Browns for a special collaboration*, 15.12.2023, https://www.harpersbazaar.com/uk/fashion/fashion-news/a45832590/bettter-julie-pelipas/, [dostęp: 16.04.2024].
de Klerk A., *Ukrainian fashion brands on what you can do to help right now*, 24.02.2023, https://www.harpersbazaar.com/uk/fashion/g40087860/ukrainian-fashion-brands/, [dostęp:15.04.2024].
Driver G., *ビヨンセ、4年ぶりのライブでウクライナ人デザイナーを支援*, 24.01.2024, https://www.harpersbazaar.com/jp/culture/music-book/a42632709/ beyonce-ukrainan designer - atlantistheroyalhotel-230124-hns/, [dostęp: 13.04.2024].
Ferrero C., *Angel for Fashion, la tienda que lleva la moda ucraniana a todo el mundo en tiempos de guerra*, 07.04.2022, https://www.harpersbazaar.com/ es/moda/ noticiasmoda/ a39647443/tienda-apoyo-disenadores -ucrania-angel-for-fashion/,15.04.2024].
Griglié E., *Guerra in Ucraina, quando i conflitti distruggono anche i patrimoni culturali*, 02.03.2022, https://www.harpersbazaar.com/it/cultura/a39297502/ucraina-russia-guerra-cosa-succede/, [dostęp: 11.04.2024].
Hermosín N., *Jean Gritsfeldt, diseñador ucraniano: "Si estás en un refugio antibombas a nadie le importa lo que llevas puesto"*, 18.03.2022, https://www.harpersbazaar.com/es/moda/noticias-moda/ a39473562/jean-gritsfeldt-disenador-ucraniano-desfile-sangre-berlin-denuncia/, [dostęp: 16.04.2022].
https://web.archive.org/web/20090709195106/http://www.fashionweekinmoscow.com/designers/designers_detail.php?ID=1425, [dostęp: 09.04.2024].
How the fashion industry is reacting to the crisis in Ukraine, 04.03.2022; https://www.Harpersbazaar. com/uk/fashion/fashion-news/a39296118/fashion-brands-ukraine-support/, [dostęp: 11.04.2024].
https://www.unesco.org/en/memoryworld/grid?hub=1081&f%5B0%5D=countries%3A501c7f7d-f0c7-5ac3-a3e8-86ec665c6528&f%5B1%5D=dataset_filters%3A0c157dbc-4b60-4452-a3c4-4f82590ed206#toggle-facets, [dostęp: 11.04.2024].
https://www.unesco.pl/?id=298. [dostęp: 11.04.2024].
https://www.unesco.pl/?id=637, [dostęp: 11.04.2024].
https://www.unesco.pl/kultura/dziedzictwo-kulturowe/dziedzictwo-niematerialne/listy-dziedzictwa-niematerialnego/wpisy-2022/, [dostęp: 11.04.204].
https://www.unesco.pl/kultura/dziedzictwo-kulturowe/dziedzictwo-niematerialne/listy-dziedzictwa-niematerialnego/obiekty-wymagajace-pilnej-ochrony/, [dostęp: 11.04.204].
Legardye Q., *Performance for the Eurovision Final*, 13.05.2023, https://www.harpersbazaar.com/ celebrity/latest/a43883036/princess-kate-plays-piano-surprise-eurovision-2023-appearance/,[dostęp: 11.04.2024].
Legardye Q., *The Princess of Wales wears Jenny Packham for a surprise Eurovision piano performance*, https://www.harpersbazaar.com/uk/celebrities/news/a43888499/princess-kate-plays-piano-surprise-eurovision-2023-appearance/, [dostęp:13.04.2024].
O`Malley K., *Ukrainian designers Ksenia Schnaider, Paskal and Frolov*, 22.02.2023, https://www. harpersbazaar.com/uk/fashion/fashion-news/a43017913/ukrainian-designers-london-fashion-week-ksenia-schnaider-paskal-frolov/, [dostęp:16.04.2024].
Pendlebury R., *Chernobyl tour guide Lara Graldina: "It wasn't radiation that stopped everything for me, it was Putin"*, 12.03.2022,

https://www.harpersbazaar.com/uk/culture/culture-news/a39415480/ chernobyl-guide-lara-graldina-interview/, [dostęp:11.04.2024].
Pendlebury R., *Svitlana Bevza:"Within a week, my life has totally changed"*, 24.08.2022, https://www .harpersbazaar.com/uk/fashion/fashion-news/a39360144/svitlana-bevza-interview/, [dostęp:16.04.2024].
Sanchez Ch., *All the Celebrities Who Attended King Charles III's Coronation*, 06.05.2023, https://www. harpersbazaar.com/celebrity/latest/a43813576/celebrities-attended-king-charles-coronation-2023/, [dostęp:11.04.2024].
Sachez R., *Bella Hadid Just Made the Exposed-Thong Trend Look Chic*, 02.05.2022, https://www. harpersbazaar.com/celebrity/latest/a39879135/bella-hadid-exposed-thong-trend-outfit-bevza/, [dostęp:11.04.2024].
Sanchez R., *Finnegan Biden Steals the Show at King Charles III's Coronation*, 06.05.2023. https://www.harpersbazaar.com/celebrity/latest/a43810703/who-is-finnegan-biden-yellow-dress-king-charles-coronation-2023/, [dostęp:13.04.2024].
Sanchez Ch., *Gigi Hadid Will Donate Her Fashion Month Earnings to Ukrainian and Palestinian Refugees*, 07.02.2022, https://www.harpersbazaar.com/celebrity/latest/a39352042/gigi-hadid-donate-fashion-month-earnings-ukrainian-palestinian-refugees/, [dostęp: 13.04.2022].
Sanchez R., *Ukrainian Designer Katya Timoshenko Is Scared, but Hopeful*, 07.03.2022, https://www .harpersbazaar.com/culture/ politics/a39355030/ukrainian-fashion-designer-katya-timoshenko-katimo-scared-war-russia/, [dostęp:13.04.2024].
Sanchez R., *Ukrainian Model Kristy Ponomar Is Stuck in Paris While Her Family Hides From Bombs*, 08.03. 2022, https://www.harpersbazaar.com/culture/politics/a39373140/ukrainian-model-kristy-ponomar-stuck-paris-fashion-week/, [dostęp:11.04.2024].
Sanchez R., *Why These Ukrainian Designer Sisters Are Going Back to Work*, 19.04.2024, https://www. harpersbazaar.com/fashion/designers/a39564099/ukrainian-designers-sisters-kris-maran-war-back-to-work/, [dostęp:16.04.2024].
Scofield M., *Un pasado como refugiado y una tormenta de nieve: así ha homenajeado Balenciaga a la población ucraniana*, https://www.harpersbazaar.com/es/moda/noticias-moda/a39347908/balenciaga-guerra-ucrania-desfile-refugiado-vida-demna/, [dostęp: 14.04.2024].
Tashajian R., *Confronting Ambiguity and Loss at Balenciaga*, 07.03.2022, https://www. harpersbazaar. com/fashion/a39356017/confronting-ambiguity-and-loss-at-balenciaga/, [dostęp: 14.04.2024].
Tashjian R., *Dior's Couture Diplomacy*, 03.11.2022, https://www.harpersbazaar.com/fashion/ designers/a41821179/maria-grazia-chiuri-profile/, [dostęp: 17.04.2024].
Tashjian R., *Should Fashion Be Escapist?*, 02.03.2022, https://www.harpersbazaar.com/fashion/ fashion-week/a39297751/escapist-fashion-dior-saint-laurent-dries-van-noten/, [dostęp: 13.04.2024].
Ullate S., *Olesia Trofimenko, la artista ucraniana tras la escenografía del desfile de Alta Costura de Dior*, 12.07.2022, https://www.harpersbazaar.com/es/moda/noticias-moda/a40589499/olesia-trofimenko-ucrania-artista-arbol-vida-decoracion-dior/, [dostęp:16.04.2024].
Ullate S., Villar M., *De Inditex al grupo LVHM: el mundo de la moda une fuerzas por Ucrania*, 11.03.2022, https://www.harpersbazaar.com/es/moda/noticias-moda/a39307832/moda-ucrania-guerra-apoyo-donacion-cierre-redes-sociales/, [dostęp: 11.04.2024].

Vloeimans E., *Lilia Litkovska is succesvol mode-ontwerper uit Oekraïne: 'We begeven ons in een periode van wedergeboorte'*, 31.05.2023, https://www.harpersbazaar.com/nl/ mode-juwelen/a44037710/lilia-litkovska-mode-ontwerper-oekraine/, [dostęp: 16.04.2024].
Yamamoto M., *ロイヤルやミラ・ジョヴォヴィッチ、ジジ＆ベラも！ウクライナへのサポートを表明したセレブたち*, 01.03. 2022, https://www.harpersbazaar.com/jp/celebrity/celebrity-buzz/g39272597/celebrity-ukraine-220301-hb/, [dostęp: 11.04.2024].

ČIARA I HRANICE – LITERACKIE I FILMOWE WIZERUNKI SŁOWACKO-UKRAIŃSKIEGO POGRANICZA

Guzek M.
Instytut Nauk o Kulturze, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Polska

Streszczenie. Pogranicze ukraińsko-słowackie jest terytorium nad którym zawisło fatum wielokulturowości, tak charakterystyczne dla całej Europy Środkowej. W kinie słowackim, które formowało się po II wojnie jako część kinematografii federacyjnej, ale z zachowaniem charakterystycznego dla siebie stylu, inną organizacją produkcji, własnymi tematami i bohaterami, po „aksamitnym rozwodzie" w 1992 r. ścierały się ze sobą tendencje autorskie i komercyjne. Pierwsze reprezentowane było przede wszystkim przez kino dokumentalne, drugie z uwagi na urynkowienie produkcji filmowej stało się strategią kina gatunkowego. Tematykę pogranicza karpatoukraińskiego znajdujemy w obu tych porządkach. Tekst koncentruje się na dwóch obrazach – dokumentalnej Hranici (2009) reż. Jaro Vojtek i fabularnym dramacie kryminalnym Čiara (2017) reż. Peter Bebjak i ich literackich kontekstach. W obu filmach obecne są heterostereotypy kulturowe, klisze jakie tradycja (również literacka) utrwaliła we wzajemnym postrzeganiu, ale z uwagi na koprodukcyjny ich charakter można też zauważyć próbę nowego zdefiniowania pogranicznych napięć w XXI wieku, jakie pojawiły się jeszcze przed inwazją rosyjską na Ukrainę.
Słowa kluczowe: kino środkowoeuropejskie, Słowacja, Ukraina, produkcja filmowa, gatunek filmowy.

Doskonałym przykładem snucia transnarodowych narracji jest powieść czeskiego prozaika Pavla Brycza *Patriarchátu dávno zašlá sláva*, przetłumaczona na język polski przez Dominikę Car i wydana w jednej z wrocławskich oficyn ponad 15 lat temu [Brycz 2008]. Brycz, pięćdziesięcioześcioletni laureat Literackiej Nagrody Państwowej (Státní cena za literaturu) i Nagrody Jiřiego Ortena (Cena Jiřího Ortena)[1], spogląda na bolesne doświadczenie Europy niezachodniej ironicznie przez filtr mikrohistorii, pochylając się nad ułomnościami bohaterów i oczekując takiej samej ich akceptacji od swoich czytelników. W jednej z recenzji strategia autorska została ujęta w afirmatywny nawias:

> Brycz oferuje rodzaj dość chaotycznej kroniki autentycznych tragedii ubiegłego wieku, które dotknęły Europę Środkową i okolicę (ale nie tylko). Bohaterowie powieści są bezpośrednio i pośrednio dotknięci dwiema wojnami światowymi, Holokaustem, dzikim wysiedleniem (*divoký odsun*), reżimami totalitarnymi z wszystkimi ich wariantami, okupacją Czechosłowacji w 1968 r., lokalnymi konfliktami wojennymi (Wietnam, Afganistan), a także katastrofami technologicznymi jak ta w Czarnobylu [Hrtánek 2004: 43][2]

Patriarchatu dawno miniona sława odwołuje się do historycznego powikłania pogranicza czechosłowacko-ukraińsko-polskiego, co w czeskiej prozie XXI wieku jest rzadko spotykane (Bielec, 2011). Medialny charakter twórczości Brycza, na co dzień współpracującego z czeskim radiem jako dramaturg i autor słuchowisk dla najmłodszych spowodował, że także zainteresowała się nim nadwełtawska kinematografia. Napisał scenariusze do dwóch animowanych produkcji *Dětský zvěřinec* (2006) w reż. Jiřiego Tyllera i *Bílá paní na hlídání* (2012) w reż. Petra Friedla[3] a dwa lata temu współtworzył (wraz z klasykiem czechosłowackiej

[1] Nagroda została mu przyznana za publikację *Jsem město* będącą poetyckim zbiorem miniopowiadań poświęconych tradycji Mostu - północnoczeskiego miasta statutarnego [Brycz, 1998]
[2] Tłumaczenia z języka czeskiego i słowackiego, o ile nie zaznaczono inaczej są mojego autorstwa - MG
[3] *Bilá pani na hlídání* doczekała się także wersji komiksowej w graficznym opracowaniu jednego z najciekawszych rysowników powieści graficznych Vrstiego (Vojtěcha Juríka). Nad połączeniem graficznej i literackiej wizji komiksu czuwał reżyser filmu Petr Friedl, który był inicjatorem tego projektu (Friedl, Brycz, Vhrsti, 2013). Sukces zarówno serialu telewizyjnego jak i jego ilustrowanej edycji książkowej spowodował, że producent i wydawca

nowej fali Jaroslavem Papouškiem i reprezentującą młode pokolenie filmowców Lucie Bokšteflovą) skrypt komedii romantycznej *Miluji tě modre* wyreżyserowanej przez Miroslava Šmidmajera. Na razie o powieść *Patriarchatu dawno minioną sławę*, której akcja umieszczona została m.in. w ukraińskiej wsi Oziero, sudeckim Libercu czy stalinowskim obozie pracy „Nikołaj" na pograniczu Śląska i Moraw kino się nie upomniało, ale kto wie… może jeszcze trafi na ekran.

Śledząc konteksty ukraińskie w twórczości naszych południowych sąsiadów, nie sposób nie zauważyć, że znacznie lepiej mieszczą się one w słowackiej przestrzeni kulturowej. Nie jest to dziwne – granica miedzy państwami, karpacka mentalność, wiele wspólnych doświadczeń robią swoje. Szczególnie ciekawym filtrem do tego świata wydają się dwa projekty filmowe – fabularna *Čiara /Čára/Межа* i dokumentalna *Hranice*, w których literackie powinowactwa nie tylko prowadzą użytkownika do transnarodowej recepcji, ale i stanowią naturalne podglebie narracji – po prostu bez ukraińskich wątków tych obrazów by nie było.

W roku 2017 weszła na ekrany koprodukcja słowacko-ukraińsko-czeska *Čiara*[4] (Linia), której konwencja respektowała porządek filmu sensacyjnego z licznymi odniesieniami społecznymi i politycznymi. W Polsce taki eksperyment gatunkowy krytyka nazwała „kinem bandyckim" [Lubelski 2009 : 566] i reprezentowały go w latach dziewięćdziesiątych przede wszystkim filmy Macieja Ślesickiego i Władysława Pasikowskiego[5] – pojawiały się w nich też konotacje transnarodowe, takie jak swobodne przekraczanie granic, wspólny udział w regionalnych niepokojach ustrojowych, mieszane związki i małżeństwa. *Čiara* jest też filmem nakręconym z dbałością o reguły kina przygodowego, ze świetnymi aktorami, głównie słowackimi, takimi jak Zuzana Fialová, Emília Vášáryová, Tomáš Maštalír czy Andrej „Andy" Hryc (zmarł na początku 2021 r.), słowacko-ukraińskimi, jak Evgenij Libezňuk z zespołu teatralnego Alexandra Duchnoviča w Prešovie czy znanymi wyłącznie z ukraińskiego życia kulturalnego: Slanislavem Boklanem, Oleksandrem Piskunovem i Makarem Tichomirowem. Charyzmatyczna acz niewielka rola tego ostatniego spowodowała dłuższy flirt z kinem słowackim - otóż Peter Bebjak, reżyser *Čiary* zaangażował go, obok innych aktorów ze swojego wcześniejszego dzieła (T. Maštalíra i A. Hryca), do filmu telewizyjnego *Slovania* wyreżyserowanego wspólnie z Michalem Blaško[6], inspirowanego słowacką mitologią i opowiadającego o dziejach Doliny Karpackiej w VII wieku[7].

Scenariusz wyszedł spod pióra słowackiego dramaturga, pisarza i poety Petera Balki. To na tyle młody twórca, że kolektyw autorski pod redakcją Mariána Grupača w roku 2014 opracowujący słownik *Súčasná slovenská literatúra po roku 1989* nie zdążył przygotować poświęconego mu hasła. Balko jest wyjątkowo wyczulony na medialność przekazu, co bez wątpienia przyswoił sobie podczas studiów na bratysławskiej VŠMU (Vysoká škola múzických

Czeska Telewizja (Česká televize) na początku obecnej dekady przygotowała ich kontynuację pod tytułem *Bilá pani na hlídání je zpět* (Fiedl, Brycz, Vhrsti, 2021).

[4] W dalszej części tekstu będę używał słowackiego tytułu tego filmu – MG.

[5] Nie ma zgodności co do gatunkowej kwantyfikacji „kina bandyckiego". Niemniej powszechnie w rodzimym filmoznawstwie zwykło się do jego reprezentantów zaliczać następujące filmy *Kroll* (1991), *Psy (*1992), *Psy II: Ostatnia krew* (1994) reż. W. Pasikowski, *Miasto prywatne* (1994) reż. J. Skalski, *Balanga* (1993) reż. Ł. Wylężałek, *Młode wilki* (1996), *Młode wilki ½* (1997) reż. J. Żamojda, *Sara* (1997) reż. M. Ślesicki. Przyjmuje się też, że ostatnim obrazem tego nurtu ujętym ponadto w ironiczny cudzysłów był *Kiler* (1997) w reż. J. Machulskiego [Piepiórka 2019, s. 147].

[6] Michal Blaško ukończył w 2003 roku VŠMU, realizując pod opieką Petera Bebjaka absolutoryjny film *Atlantída*, zaprezentowany w konkursie młodego kina na festiwalu w Cannes. Obraz ten znają również widzowie polskiego kanału filmowego „Ale kino+. Bohaterką była młoda Ukrainka, która podczas nielegalnego przekroczenia granicy ze Słowacją zostaje sprzedana przez swojego opiekuna przemytnikom za paszport. Blaško napisał scenariusz po przeczytaniu prasowego wywiadu z dziewczyną, która była pierwowzorem protagonistki opowiedzianej przez niego historii [Sotáková 2017, s. 9].

[7] Zdjęcia do *Slovanii* przez krytyków ochrzczonej mianem słowackiej *Gry o tron*, kręcone były jesienią 2019 roku na północy Ukrainy, w okolicach Kijowa i okręgu żytomierskim [Pavlik 2019].

umeni) gdzie uczył się scenariopisarstwa i dramaturgii i obecnie wykłada techniki scenopisowe. Należy do pokolenia związanego z literaturą kropkową (literatúra bodka), którą charakteryzują krótkie formy, najczęściej ironiczne i odwołujące się do wspólnego doświadczenia twórcy i odbiorcy[8]. Publikował w periodykach słowackich „Pravda", „Ramboid", czeskich, jak „Revue Labirynth" i węgierskich „Új szó" i „Gömörország". Wielkim sukcesem okazały się jego powieści a debiutancka *Vtedy v Lošonci* (Wtedy w Loszoncu) wydana w oficynie KK Bagala doczekała się już tłumaczenia na czeski, węgierski i polski [Balko 2019][9], podobnie jak opublikowana kilkanaście miesięcy temu powieść *Østrov*. O pierwszej z nich czeski tłumacz Ondřej Mrázek napisał:

> Jest to melanż brutalności i czułości, fantazji i okrutnej rzeczywistości, wydarzeń historycznych i rodzinnych, które łączy magiczna nazwa miasta Lučenec - Lošonc, w którym mieszają się narody, kultury, losy, relacje: przeszłość i teraźniejszość [Balko 2018: 6].

Ta charakterystyka zdaje się wyznaczać strategie, jakie Balko rozwija na rozmaitych polach swojej twórczej aktywności. Tytułowy Losoncz, miejsce jego urodzenia (polska nazwa tego znajdującego się obecnie w kraju bańskobystrzyckim miasteczka brzmi Łuczeniec), stanowi bramę do niełatwej i niezagojonej rany, jaką pozostawiły po sobie wielokulturowe uwarunkowania: dziedzictwo madziaryzacji, tradycja Félvidek czy czechosłowacka federacyjność. Pomimo tak traumatycznych przesłanek w filmowej dramaturgii bardziej pociągał autora powieści klimat karpatoukraiński. Od początku drogi twórczej, Balko miał świadomość zmagania się z inną materią niż własna wyobraźnia, dominująca ideologia pokoleniowa czy oczekiwania wydawcy, choć nie do końca godził się z jej użytkową formułą.

> Od strony literackiej scenariusz jest bardzo konkretny i dosłowny, nie dopuszcza zabaw językowych czy rozbudowanych zdań, które w żargonie nazywa się watą. Mimo to zawsze dbałem o literacki walor swoich scenariuszy. Chciałem, żeby były pełnowartościowym tekstem literackim, a nie tylko instrukcją dla reżysera. Robienie filmu to sport zespołowy, a scenarzysta jest częścią drużyny, w której muszą ze sobą współpracować wszyscy zawodnicy, żeby nie doprowadzić do porażki. Tworzenie literatury jest zajęciem zdecydowanie bardziej samotniczym, pisarz ma o wiele większą swobodę działania. Jeśli więc praca nad filmem to futbol amerykański, pisanie beletrystyki będzie strzelaniem z łuku (Klasová 2017: 196).

Po początkowej pracy w słowackim dokumencie, kiedy spod jego pióra wyszły pomysły do filmów *Ticho* (2010) Slavomira Zrebnego i *Pod maskou* (2010) Erika Eržina, wspólnie z Marošem Hečką i Milanem Havranem ml. złożył skrypt thrillera politycznego *Kandidat,* opartego na ich reportażu literackim *Denníky z odpočúvania,* a opowiadającego o kulisach słowackich kampanii prezydenckich. Scenariuszem zainteresował się Jonáš Karašek, który nakręcił w 2013 roku jeden z najciekawszych obrazów politycznych rozliczających się nie tylko z meciaryzmem, ale też ukazujących omnipotencję mediów manipulujących emocjami społecznymi. Zresztą w słowackiej prasie filmowej film zyskał miano „cynicznego thrillera" [Dudková 2013: 35], a reżyser tak wspominał początki współpracy, które zresztą nie zapowiadały późniejszej wielkiej filmowej przygody:

> Maroš Hečko zaprosił mnie udziału w programie, który prowadził w Radiu Devín. Był to czas irytujących gier politycznych na Słowacji i kiedy padło pytanie o moje plany realizacyjne odpowiedziałem, że chciałbym nakręcić film o politykach. Jeszcze przed wyjściem ze studia dowiedziałem się, że mój rozmówca

[8] Do czołowych przedstawicieli tej formacji można zaliczyć: Ivanę Dobrakovą, Milę Haugovą, Vaclava Kostelenského, Dušana Mitanu i Agdę Baviego Paina [Balko, Prokopec 2016].

[9] Obszerne fragmenty powieści *Wtedy w Loszoncu* w przekładzie Michała Waligórskiego ukazał się też w miesięczniku „Literatura na świecie" [Balko 2017: 149-193].

> napisał scenariusz na ten temat, oparty na powieści *Kandydat. Zapis podsłuchu* opublikowanej w zeszłym roku. Obaj autorzy, Michal Havran i Maroš Hečko, zaprosili młodego scenarzystę Petra Balko do współpracy przy tworzeniu skryptu. W porównaniu z opowieścią literacką narracja filmowa musiała zawierać inną konstrukcję. W książce nie ma wielu wątków wprowadzonych na ekran, zrezygnowaliśmy także z niektórych występujących na kartach powieści postaci. W ten sposób całość stała się bardziej zwarta. Co najmniej trzy miesiące siedzieliśmy nad scenariuszem, uzupełniając szczegóły, sytuacje i relacje między postaciami [Polívková 2013: 18].

To doświadczenie doprowadziło Petera Balko do samodzielnie skonstruowanego świata przedstawionego *Čiary* - filmu pod którym jako reżyser podpisał się Peter Bebjak – aktor i reżyser znany raczej z produkcji telewizyjnych (czeskich i słowackich) oraz z dużego projektu fabularnego *Čistič* z 2015 roku, który ugruntował jego branżową pozycję[10]. Słowacki twórca wypracował sobie bardzo ciekawą formułę artystyczną, która pozwalała mu realizować zarówno średniobudżetowe filmy gatunkowe (np. horrory, komedie, road movie), jak i mniej kosztowne projekty przeznaczone na mały ekran. Szczególną rolę przypisywał państwowym podmiotom i za wzór takiego działania uważał aktywność misyjną czeskiego nadawcy (Česká televize), który „produkuje horrory, komedie, kryminały, fabuły historyczne i sensacyjne, tworząc zróżnicowany i atrakcyjny dla popkulturowego odbiorcy repertuar" [Šveda 2013: 25].

Tytułowa *Čiara-Čára-Межа-Linia* nie jest tylko granicą między państwami środkowo-wschodnioeuropejskimi, między lepszą Europą z przyszłą strefą euro, a gorszą z narodową walutą jak hrywna czy złoty, to przede wszystkim linia między kulturami, która warunkuje nasze sposoby życia, linia między przeszłością a przyszłością, za którą trzeba zostawić to co niepotrzebne i wstydliwe, a budować to czego oczekuje większość. A zatem linia Bebjaka i Balki wyznacza limit wyborów – w sumie oczywistych, ale w napięciach jakie tworzą ekranowe sytuacje, wcale niełatwych. Jednak film ma swój kontekst historyczny – to lato 2007 roku, ostatnie takie lato przed przystąpieniem Słowacji do strefy Schengen, a to już buduje inny klimat i tworzy dodatkowe interpretacyjne możliwości. Krytyka jednak starała się osadzić film w limitach jego atrakcyjności ekranowej, choć dostrzegała także ambitne krytyczne próby spojrzenia na kondycję nowej Słowacji, w tym jakość demokracji, jaką wyznaczały niejasne granice między bezkarnością kryminalną a niemocą przedstawicieli władzy.

> Ważną część gangsterskiej mentalności tworzy korupcja policyjna pokazana jako immanentna część systemu. Jednocześnie atmosfera napięcia, strachu lub nagłe zwroty akcji przeplatają się z sytuacyjnym humorem nasyconym prostactwem i prymitywizmem bandyckiego półświatka. Te filmowe karykatury od wizerunków ludzi pozbawionych w realnym świecie alternatywy, kradnących bo niczego innego robić nie potrafią, oddzielone jest jedynie cienką linią. Taka ironia świetnie się sprzedaje. Nade wszystko jednak krytyczne spojrzenie przedstawione w filmie Bebjaka obnaża bezradność państwa [Krišková 2017: 36]

Film ma kilku bohaterów, ale protagonistą głównym jest Adam Krajniak (grany przez Tomasza Maštalíra), głowa wielopokoleniowej rodziny i przywódca przygranicznego gangu zajmującego się głównie przemytem papierosów. Jest opiekuńczym, co nie oznacza

[10] Od 2015 roku Bebjak wprowadza na ekran w każdym sezonie jedną premierową produkcję: *Čistič* (2015), *Čára* (2017), *O zakletém králi a odvážném Martinovi* (2018), *Trhlina* (2019). Ta ostatnia była ekranizacją głośnej, wydanej także w Polsce powieści Jozefa Kariki *Szczelina*. Globalna pandemia Covid-19 popsuła mu nieco szyki. W styczniu 2021 roku został zorganizowany w Nowym Jorku nadzwyczajny pokaz filmu wojennego *Správa* (ang. tyt. The Auschwitz Report). Obraz, który był oficjalnym słowackim kandydatem do Oskara w kategorii najlepszy film zagraniczny, opowiada o ucieczce z obozu oświęcimskiego dwóch Żydów z Bratysławy Alfréda Wetzlera i Rudolfa Vrby i oparty jest na wspomnieniach pierwszego z nich zatytułowanych *Čo Dante nevidel*. Wśród międzynarodowej obsady znaleźli się też polscy aktorzy Waldemar Mecwaldowski.i Kamil Nożyński [Poláš 2018].

przyzwolenia na wszystko, ojcem, czułym mężem i kochającym synem. Jest też bezwzględnie egzekwującym posłuszeństwo bandytą, ale ze swoistym etosem i tu mamy dodatkową linię – linię wyznaczoną przez standardy lokalności, wielokulturowości, wspólnotowości, po której przekroczeniu jest tylko infernalna niewiadoma. *Čiara* obfituje w atrakcyjne z punktu widzenia fotela kinowego sceny – są pościgi, strzelaniny, pojedynki na pięści, brutalne egzekucje. Widz otrzymał też sporą dawkę, jak na koniec drugiej dekady XXI wieku przystało, erotyki a właściwie seksu, ale ładnie pokazanego jakby w kontrapunkcie do brutalnych sekwencji bandyckich. Jednak bardziej niż gatunkowa estetyka interesujący wydaje się ów transkulturowy kontekst, bo przecież film choć jest koprodukcją i w związku z tym respektuje parytety obowiązujące w międzynarodowych przedsięwzięciach, jest nade wszystko opowieścią stworzoną po zachodniej stronie pokazywanej granicy – na Słowacji. Warto jeszcze dodać, że była to produkcja, jak na gatunek przez nią reprezentowany, dość tania, a przecież wymagała angażowania dużej liczby statystów i wykorzystywania odległych od siebie eksterierów. *Čiara* kosztowała 1,3 mln. euro, ale wydane pieniądze szybko zwróciły się – w sezonie 2017/2018 film był jednym z najbardziej kasowych obrazów – na samej Słowacji zarobił 2,6 mln. euro, a na Ukrainie niewiele mniej.

Czy obraz Petera Bebjaka to samo mówił Ukraińcom jak i Słowakom? Czy też we Lwowie, Kijowie, Użhorodzie potraktowano go jak głos krytyczny – filmową publicystykę ubraną jedynie w gatunkowy kostium kina sensacyjnego? Trudno rozstrzygnąć ten dylemat bez dokładnego zbadania recepcji i przywołania głosów krytycznych. Wydaje się jednak, że kulturowy aspekt pogranicza słowacko-ukraińskiego odegrał dużą rolę w promocji *Čiary*. Po projekcji w Użhorodzie, przedstawiciel ukraińskiego producenta Andrij Jermak (obecnie jeden z najbliższych współpracowników prezydenta Wolodymyra Zelenskiego, pełniący funkcję szefa jego gabinetu) powiedział:

> To dla nas bardzo ważne, że możemy zaprezentować nas, region i osadzoną w nim lokalną pograniczną zakarpacką historię. Ciekawe jest co o filmie powiedzą mieszkańcy [Продюсер "Межі"].

Częściową odpowiedzią na ten dylemat był artykuł opublikowany na portalu „Lvivskaja Poszta", w którym, odnosząc się do jego festiwalowych sukcesów, dobrej opinii na łamach *Variety* i *The Hollywood Reporter,* wytypowaniu *Čiary* na reprezentanta Słowacji w Oskarowych zmaganiach i faktu, że po raz pierwszy obraz częściowo wyprodukowany przez kinematografię ukraińską znalazł się w konkursie głównym karlowarskiego przeglądu, autor skoncentrował się na gatunkowym rytuale odbioru. Wydaje się jednak, że porównania z klasyką kina gangsterskiego (przywołano *Ojca chrzestnego* Francisa Forda Coppoli i *Rodzinę Soprano* Davida Chase oraz filmy Guya Ritchiego – *Porachunki* i *Przekręt*) nie tylko sformułowane były na wyrost, ale i nie pasowały do dramaturgicznej i scenariuszowej koncepcji Petera Balki i Petera Bebjaka [Із Карлових Варів до Одеси 2017]. Czasami zresztą w wypowiedziach twórców pobrzmiewały inne niż gatunkowe konkluzje. Operator Martin Žiaran zdradził czytelnikom miesięcznika „film.sk", że Bebjak, od którego zależał ekranowy diegetyczny efekt od początku współpracy sugerował realizację „easternu" – subgatunku rozpoznawalnego w postczechosłowackiej kulturze, choćby z uwagi na wcześniejszą popularność *Lemoniadowego Joe* (1964) Oldřicha Lipskiego czy świetnego filmu Vladimíra Michálka *Zabić Sekala* z lat dziewięćdziesiątych[11]. Jednak ostatecznie, jak przyznał Žiaran, zwyciężyło potraktowanie materii jako projektu dialogicznego, transnarodowego:

> Filmowanie na obszarach przygranicznych jest zawsze interesujące, ponieważ istnieje piękna i inspirująca mieszanka co najmniej dwóch kultur. Ludzie po obu

[11] Czeska kinematografia dosyć często korzystała z gatunkowych odwołań do westernu. Warto zatem, oprócz wymienionych w tekście, przywołać także inne dzieła nie tylko stylizowane, ale i wykorzystujące identyfikatory opowieści z Dzikiego Zachodu: *Smrt v sedle* (1958) J. Poláka, *Kaňon samé zlo* (1970) i *Cesta na jihozápad* (1989) Z. Sirovego czy ostatnie z nich z 2011 *Westernstory* V. Pešky [Jordan 2011: 138-147].

> stronach zarówno mają ze sobą wiele wspólnego, jak i istnieją między nimi ogromne różnice. Ma to pewną magię połączoną z trudną rzeczywistością. I te kontrasty można pięknie nakręcić. Chodzi tylko o przekraczanie różnych granic [Jaremková 2017: 17].

Warto też przywołać opinię czeskiego krytyka Jaromíra Blažejovskiego wyrażoną na łamach kwartalnika *Film a doba*. Blažejovský, podsumowując festiwal w Karlowych Warach, dostrzegł w *Čiarze* stylizację na zachodnie filmy kryminalne, ale przede wszystkim uznał, że najbliższa konotacja prowadzi do bałkańskiej magii w filmach Emira Kusturicy, „Balko z Bebjakiem przesunęli wschodnią Słowację na Bałkany i stworzyli świat palinki, śpiewu i testosteronu" – napisał Blažejovský, jednocześnie klasyfikując *Čiarę* jako czarną komedię [Blažejovský 2017: 14].

Akcent na transkulturowy słowacko-ukraiński kontekst położyła także brawurowa interpretacja pieśni Tomasza Padury *Hej sokoły*, która rozmaicie bywa definiowana w narodowych porządkach, np. w niektórych rejonach Polski jest śpiewana jako pieśń biesiadna. W filmie Bebjaka wykonuje ją w dwóch wersjach słowackiej i ukraińskiej dość popularny zespół z Preszova IMT Smile z udziałem Olega Kandača. Inspirowaną filmową aranżacją odrębną wersję przygotował ukraiński multiinstrumentalista Oleg Skripka. Utwór ten pełni funkcję diegetyczną i pozadiegetyczną. W świecie przestawionym wykonuje go podczas uroczystości weselnej zespół złożony z bohaterów – na gitarze prowadzącej gra Tomáš Maštalír jako Adam Krajniak, a ponadto w interpretacji Kandača i IMT Smile towarzyszy napisom końcowym, stanowiąc kolejną linię – tym razem kulturowego porozumienia i zrozumienia. Zresztą użytkowanie pieśni Padury w przestrzeni słowacko-ukraińskiej zasługuje na oddzielne opracowanie[12].

***

Projektem nieco wcześniejszym bo zrealizowanym pod koniec pierwszej dekady naszego stulecia jest film dokumentalny Jaroslava Vojteka (podpisuje swoje produkcje z reguły jako Jaro Vojtek) z 2009 *Hranice*. Przestrzeń filmową tworzy historia i teraźniejszość wsi Slemence, która nocą 30 sierpnia 1946 roku została podzielona między Ukraińską SRR a Republikę Czechosłowacką, tworząc tzw. Veľké a Malé Slemence, co oczywiście było konsekwencją geopolitycznych uwarunkowań. Rodziny zostały rozdzielone, gospodarstwa zostały podzielone, a żeby odwiedzić krewnych mieszkających w zasięgu wzroku, ale po przedzielonej drutem kolczastym drugiej stronie granicy ukraińsko-czechosłowackiej trzeba przejechać ponad 300 kilometrów. Przejście w Slemenicach zostało zlikwidowane, a do najbliższego było 150 kilometrów. To jest materiał, którego tak wrażliwy dokumentalista jak Jaroslav Vojtek nie mógł zbagatelizować, tym bardziej, że problematyka pogranicza rusińskiego została już zaprezentowana niemal dwadzieścia lat wcześniej w filmie Fero Feniča *Praha slzam nevěří* (1992). Jednak zmienił się kontekst – Feniča interesowało szukanie więzi między kończącą swój żywot federacyjną Czechosłowacją a obywatelami Podkarpackiej Rusi oraz relacje między Czechami, Słowakami a Rusinami jako mieszkańcami tego peryferyjnego świata. Vojtek z kolei widział w granicznej metaforze rubieże cywilizacji, którą urzeczywistniały przestrzeń postsowiecka i Unia Europejska [Palúch 2012: 72-73]. Zdjęcia do *Hranicy* powstawały siedem lat od 2001 do 2008 roku, więc była to realizacja przemyślana, zwarta kompozycyjnie i odwołująca się do wielu strategii narracyjnych.

Vojtek nie bał się, dla osiągnięcia zamierzonego efektu, posługiwać polifonicznymi środkami. Przez siedem lat nie tylko obserwował mieszkańców przedzielonej granicą miejscowości, ale także gromadził materiały archiwalne, prowokował wypowiedzi, a jeśli było trzeba było to inscenizował nagrywane sytuacje.

[12] *Hej Sokoły* (Sokoly) śpiewane w trzech językach: ukraińskim, polskim i słowackim znalazły się w repertuarach takich zespołów jak: „Kollárovci", „Legendy se vrací" czy na płytach solisty Petera Juhása, który do wykonania koncertowego tego utworu zaprosił wspomnianą w tekście grupę IMT Smile.

> Suma różnorodnych praktyk naturalnie wpłynęła na obraz tej ogarniętej szaleństwem społeczności. Wyłania się z nich kilka wątków, nadając zbiorowemu traumatycznemu doświadczeniu ludzką twarz, naznaczoną paradoksami zmian jakie w XX wieku dokonały się na tej ziemi [Branko 2009: 31].

Najwnikliwiej chyba ten aspekt przebadał Martin Paluch w książce *Autorsky dokumentalny film na Slovensku po roku 1989,* gdzie w rozdziale poświęconym Vojtekovi zastosował paralele reportażowe, zarówno literackie, jak i audiowizualne. Szczególnie sugestywne okazały się porównania z formułą, jaką wypracowała czeska dokumentalistka Helena Třeštíková, znaną pod nazwą „časosběrna metodá", polegającą na długim wnikliwym zbieraniu materiału, długim – kilku lub nawet kilkunastoletnim dojrzewaniu z bohaterami, obserwowaniu ich życia i dopiero w montażu sprowadzenia projektu do diegetycznego porządku [Třeštíková, 2017: 115]. Jana Dudková na łamach „Slovenskego divadla" z kolei zauważyła nie „časosběrną metodę", a praktyki kreacyjne niewolne od autorskich manipulacji[13]. Subiektywny charakter autorskiego wywodu jest jednak uzasadniony bowiem:

> Przypadek wsi przypomina nie tylko złożoną historię krajów zakarpackich, które kiedyś należały do Austro-Węgier, a w połowie XX wieku znalazły się na granicy Europy „wschodniej" i „zachodniej". Absurdalność podkreślają inne fakty. Ludność, która nagle została podzielona między dwa państwa - słowiańskie Słowację i Ukrainę, dziś ma głównie obywatelstwo węgierskie. Wcześniej ściśle strzeżona granica nie dzieliła dwóch bloków geopolitycznych, lecz Związek Radziecki i jego „państwo satelitarne". I wreszcie - granica pozostaje „pod szczególnym nadzorem" także i dziś. Otwarty w 2005 r. dla pieszych i rowerzystów pas graniczny, w dniu 21 grudnia 2007 r. stał się linią końcową strefy Schengen i jest ponownie monitorowany przez straż graniczną, a kamery umieszczone sąna całej jego długości. Wprowadzenie obowiązku wizowego dla Ukrainy po raz kolejny sprawiły, że przejście graniczne stało się szczelne. [Dudková 2010: 621]

Jaro Vojtek jest twórcą z Żyliny, reprezentuje niegdyś bardzo wpływową formację słowackiego kina, dokumentalistów ochrzczonych mianem Pokolenia 90. Upadek bratysławskiego studia „Koliba" i komercjalizacja telewizji publicznej spowodowały, że ich projekty – pełnometrażowe, zatem dość kosztowne filmy dokumentalne obecnie realizowane są coraz rzadziej. Pokolenie 90 wzorowało się na tradycjach słowackiej dokumentalistyki, a nowatorski charakter ich dzieł związany był nie z tematami czy autorskimi pomysłami, ale z nowymi sposobami produkcji i dystrybucji [Branko 2005: 47]. Vojtek wielokrotnie pokazywał, że interesuje go bardziej wielokulturowy kontekst opisywanej materii niż polityczna publicystyka. Świetnie ilustruje to jeden z tworzących warstwę komentacyjną filmu napisów, który może posłużyć za konkluzję:

> Starsi mieszkańcy dwóch Slemenców byli kiedyś obywatelami Austro-Węgier, Czechosłowacji, Królestwa Węgier i Związku Radzieckiego, a dziś są obywatelami Słowacji (a tym samym Unii Europejskiej) i Ukrainy i większość z nich nigdy nie opuściła osady, w której się urodziła.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości"

[13] Jana Dudková przywołuje jedną ze scen filmu, kiedy to mieszkaniec wioski Slemenice znajdującej się po ukraińskiej stronie Vince Tóth opowiada o udziale ówczesnego wójta w wytyczaniu linii granicznej biegnącej przez miejscowość z nienaganną dykcją. W rzeczywistości Vojtek zaangażował aktora z koszyckiego teatru Thalia Pála Bocsárszky'ego, by przeczytał napisany wcześniej tekst, a następnie wgrał go w postsynchronizacji montażu [Dudková 2010: 620].

Regionalna Inicjatywa Doskonałości
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Literatura

Balko P, 2015, Vtedy v Lošonci. Via Lošonč, Bratislava.
Balko P. 2018, Tenkrát v Lošonci. Via Lošonč, přeložil Ondřej Mrázek, Brno.
Balko P. 2019, Wtedy w Loszoncu, przełożył Miłosz Waligórski, Warszawa.
Balko P. 2017, Wtedy w Loszoncu, przeł. Michał Maligórski, Literatura na świecie, nr 7-8.
Balko P., Prokopec P. (ed.), 2016, *Literatúra bodka sk*, Bratislava.
Bielec D., 2011, *Středoevropske osudy v Bryczově romanu Patriarchatu davno zašla slava*, [w:] *Evropská dimenze české a polské literatury Europejski wymiar literatury czeskiej i polskiej*, red. Libor Martinek, Opava, s. 227-233
Blažejovský J., 2017, *Mezinárodní filmový festiwal Karlove Vary*. Hlavní soutěž jako akční film, „Film a doba", nr 3.
Branko P., 2005, *Slovenský dokumentárny film – Generácia '90.* In: Straty a nálezy 2. Bratislava.
Branko P., 2009, *Rozdeľuj a rozplocuj*, „film.sk", nr 12.
Brycz P. 2008, *Patriarchatu dawno miniona chwała*, przekład Anna Car, Wrocław.
Brycz P.1998, *Jsem město*, Most
Dudková J. 2010, *Slovenský film Hranica a problem konštruovania kolektívnej identity*, „Slovenské divadlo", nr 4.
Dudková J. 2013, *Cynici nemajú radi tajomstvá*, „film.sk", nr 11.
Grupač M. a kol. 2015, *Súčasná slovenská literatúra po roku 1989. Heslár slovenských literárnych tvorcov debutujúcich po roku 1989*, Martin.
Fiedl P., Brycz P., Vhrsti, *Bilá pani na hlídání*. Praha 2013.
Fiedl P., Brycz P., Vhrsti, *Bilá pani na hlídání je zpět*, Praha 2021.
Hrtánek P. 2004, *Soumrak mužů v bryczově podání,* „Host" nr 6.
Jaremková M. 2017, *Podstata kameramanskej profesie sa nemení*, „film.sk", nr 12.
Jordán K. 2001, Tenkrát na západě. Český průvodce světovými westerny, Praha.
Klasová T. 2017, *Niewinna kartka papieru. Rozmowa z Peterem Balką,* przełożył Miłosz Waligórski, „Literatura na świecie", 2017, nr 7-8.
Krišková L. 2017, *Čiara života je nemenná*, „film.sk", nr 9.
Michalková E. 2009, *Hranica,ktorá preťala ľuďiom životy*, „film.sk", nr 11, s. 28-29.
Palúch M, 2012, *Obraz Rusínov v slovenskom dokumentárnom filmie po roku 1989*, w: Minority a film, Bratislava.
Palúch M, 2017, *Cenzúra a dokumentárny film po roku 1989*, Bratislava.
Palúch M., 2015, *Autorský dokumentárny film na Slovensku po roku 198*9, Bratislava.
Pavlik M., 2019, *Slovania prebádajú nepoznané územie*, https://kultura.pravda.sk/film-a-televizia/clanok/521280-slovania-prebadaju-nepoznanne-uzemie/ - dostęp 2.01.2020.
Piepiórka M., 2019, *Rockefellerowie i Marks nad Warszawą. Polskie filmy fabularne wobec transformacji gospodarczej*, Wrocław.
Poláš M., 2018, *Režisér Bebjak: Správa je náš najdrahší projekt, film chce vidieť aj Douglas*, https://medialne.etrend.sk/televizia/reziser-bebjak-sprava-je-nas-najdrahsi-projekt-film-chce-vidiet-aj-douglas.html - dostęp 14.01.2020.
Polívková M. 2013, *O ľuďoch a moci*, „film.sk" 2013, nr 10.

Sotáková Z. 2017, *Slovenské filmy si všimli v Cannes*, „film.sk”, nr 5.
Šveda R. 2013, *Umeniu pristanú rozvetvené cest*, „film.sk”, nr 1.
Třeštíková H., 2017, *Sběrná kniha*, Praha.
Із Карлових Варів до Одеси. У рамках VIII ОМКФ відбувся ексклюзивний показ словацько-українського фільму “Межа” 2017, https://web.archive.org/web/20170915205952/http://www.lvivpost.net/kultura/n/40357 [dostęp 5.01.2020].
Продюсер "Межі" Андрій Єрмак: "Три фільми з українською участю у лонг-листі "Оскара" – дуже великий успіх" 2017, https://life.pravda.com.ua/culture/2017/11/4/227273/ [dostęp 5.01.2020].

USE OF ROBOTIC SYSTEMS IN LIGHT INDUSTRY

Harbar E.[1], Polishchuk O.[1], Matyukh S.[1], Polishchuk A.[1], Giergiel M.[2]
[1] Khmelnytskyi National University, Ukraine
[2] AGH University, Poland

Abstract. The article discusses the use of robotic systems in light industry. It has been established that robotic systems at light industry enterprises are a promising direction that can lead to a significant improvement in production efficiency, cost reduction, and product quality improvement. One of the main advantages of using robots in light industry is their versatility and flexibility. Robots can be programmed to perform a variety of tasks, from assembling parts to packaging finished products, allowing businesses to quickly adapt to changing market demands. The classification of robotic systems that can be used at light industry enterprises according to various criteria has been carried out. The use of robots to perform various technological operations in sewing and shoe production is described, which will increase the efficiency and quality of production processes. Companies that specialize in the production of robotic systems and that can be used in light industry to perform technological operations are considered.
Keywords: robot, robotic system, technological operation, light industry.

Introduction

Today, many researchers propose various ways and mechanisms that can increase the economic potential of Ukraine and help it enter the list of the most developed countries in the world. One of the most promising branches of the economy today is robotics - it is an applied technology related to the development and implementation of automated technical systems in production. In the post-industrial society, robotics is the direction of development to which considerable attention of researchers is directed. The objective need for the introduction of robotics today is to increase the cost of labor in developing countries.

Domestic companies have limited experience in the development, production and promotion of robots, so it is still difficult for them to compete with foreign competitors in terms of product quality, marketing strategies and industrial design. However, there are prospects for the active development of robotics in Ukraine. Important factors contributing to the development of robotics are the decrease in the cost of the components of robotic devices and the continuous improvement of new innovative technologies, such as navigation and speech recognition, which make it possible to reduce the cost of robots. Since the development of robotics in the post-industrial society plays a large role, it should be understood that without growth in this area, there will be a decrease in labor productivity and the quality of manufactured products in the country.

The development of robotics in Ukraine is becoming an increasingly relevant and important topic in the context of modern trends in industry and technological innovations. The gradual transition to the digital economy, high competition in global markets and the need to increase production efficiency require the introduction of automated systems in all industries. In this context, robotics becomes a key tool for increasing productivity, improving product quality, and reducing production costs.

Another important reason for the relevance of the development of robotics in Ukraine is the need to improve the level of technical education and training of qualified personnel. The rapid pace of technological development requires specialists to constantly update their knowledge and skills in the field of robotics, as well as the ability to work with modern technical systems and software.

This relevance creates a basis for active cooperation between state institutions, scientific institutions and the private sector with the aim of promoting the development of robotics in Ukraine. Investing in research and development, supporting startups in the field of robotics and

creating favorable conditions for the implementation of innovative production solutions can contribute not only to the development of industry, but also to the strengthening of the country's economy as a whole.

Therefore, the development of robotic systems for light industry operations is an urgent task.

Presenting main material

Enterprises introduce automated systems into production mainly with the aim of increasing profits by reducing the number of workers. In Japan, China and the USA, almost all industrial plants are equipped with advanced technical equipment. They employ a minimum number of employees, which ensures a low cost of production. In Ukraine, the use of automated devices is still limited. Outdated equipment at enterprises leads to a decrease in efficiency and production volume. In addition, it harms the environment. To increase production volumes and product quality, companies need to get rid of outdated equipment.

In the modern world, automated devices for work in factories are presented in a large assortment. Robots are successfully used in metallurgy, mechanical engineering, light and food industry. They can replace a person in difficult and dangerous working conditions. They provide speed, accuracy, quality, as well as a high level of payback. This is achieved by the fact that jobs do not need to pay wages, pay holidays and provide a social package.

The introduction of robotic systems at light industry enterprises is a promising direction that can lead to a significant improvement in production efficiency, cost reduction, and product quality improvement. One of the main advantages of using robots in light industry is their versatility and flexibility. Robots can be programmed to perform a variety of tasks, from assembling parts to packaging finished products, allowing businesses to quickly adapt to changing market demands.

Another advantage of using robotic systems is the possibility of automating routine and monotonous operations, freeing workers from boring and difficult work and allowing them to focus on more complex tasks, such as quality control or developing new designs . In addition, the use of robots can help reduce the number of production errors and waste, which in turn will have a positive effect on the quality and economic efficiency of production.

However, there are some challenges and obstacles before the introduction of robotic systems at light industry enterprises. For example, most businesses in this industry may face limited financial opportunities to purchase and maintain such systems. In addition, it is necessary to have the right knowledge and skills to program and maintain robots, which can also be a challenge for businesses.

Despite these challenges, the prospects for the introduction of robotic systems at light industry enterprises remain very promising. With the right implementation strategy and support from the state and other stakeholders, businesses can achieve significant productivity gains, cost reductions, and market competitiveness.

Robotic systems that can be used at light industry enterprises can be classified according to various criteria. Let's consider the main types of robotic systems:

- industrial robots, which are automated mechanical devices used to perform various tasks in production, such as assembly, assembly, packaging, etc. Industrial robots usually have manipulators with moving clutches that allow them to perform a variety of operations with great precision and efficiency;

- collaborative works, which are intended for cooperation with people in a production environment. They are usually equipped with safety sensors that allow them to detect the presence of people nearby and automatically stop work to avoid injuries;

- mobile robots that can move around the production premises or the enterprise to perform various tasks. They can be equipped with navigation systems that allow them to automatically route and avoid obstacles;

- robots with artificial intelligence that use complex algorithms and machine learning systems to perform tasks in production. They can interact with other robots and process large amounts of data to make decisions;

- robots with additional functions that can be equipped with additional functions, such as laser heads for cutting materials, extruders for 3D printing or even artificial vision systems for detecting defects;

This classification of robotic systems provides light industry enterprises with a wide range of tools for automating production processes, which allows to increase productivity and reduce costs.

Robotic systems can be used to perform various technological operations in sewing and shoe production, which allows to increase the efficiency and quality of production processes. Let's consider some examples of their application:

1. Robotic systems can be used to cut various materials such as cloth, leather or artificial fabrics. They can be equipped with laser or water jets for accurate and fast cutting, which allows you to reduce waste costs and increase productivity.

2. Robots can be used to automate operations with stitching and assembly of products. Collaborative robots can collaborate with operators, helping to perform complex operations like stitching fabrics or assembling shoe parts faster and more efficiently.

3. Robotic systems can automate the processes of fixing parts at the workplace, for example, using pneumatic devices or magnetic fasteners. They can also be used for detailing, such as thread cutting or edge finishing.

4. Robotic systems can be programmed to automatically pack products into boxes or containers. They can also be used to place products on shelves or in other places for further sales.

5. Robots can be used to perform quality control of products, check dimensions, damage or defects. They can be equipped with sensors or video cameras to detect defects and discard damaged products.

6. In the production of shoes, robots can be involved in various stages of production, from cutting materials and laser cutting to assembly and even processing of soles .

7. In textile factories, robots are used for a variety of operations, including cutting fabric, sewing, finishing edges, and even applying decorative elements to finished products.

8. In the production of light goods, robotic systems can be used for various material processing operations, such as milling, engraving, patterning, and others.

There are other light industry operations where robots can be used to replace manual labor.

There are many companies on the market that specialize in the production of robotic systems that can be used in light industry to perform technological operations. Let's consider several examples of such companies and their robotic systems:

1. The Japanese company FANUC Corporation is known for its high-quality industrial machines that are widely used in production (Fig. 1) [1] . Robotic systems from FANUC can be programmed to perform a variety of operations, including cutting, sewing, assembly, and machining parts in light industry.

2. The Swedish company ABB Robotics produces robotic systems that are characterized by high speed, accuracy and reliability (Fig. 2) [2] . Their work can be used for a wide range of operations in light industry, including cutting, sewing, packaging and quality control.

3. The German company KUKA Robotics produces robotic systems that are known for their high productivity and flexibility (Fig. 3) [3] . Their robots can be easily programmed to perform various technological operations in light industry.

4. The Danish company Universal Robots specializes in the production of light and flexible industrial robots that are designed to cooperate with people (Fig. 4) [4] . Their robotic

systems are great for a variety of manufacturing operations, including sewing, assembly and packaging.



Fig. 1. Fanuc robot



Fig. 2. ABB Robotics robot



Fig. 3. Robot Kuka



Fig. 4. Robot Universal Robots

5. Japanese company Yaskawa Electric Corporation is known for its high-quality industrial works, which have a wide range of applications in the production of light goods (Fig. 5) [5] . They can be used for a variety of operations including assembly, processing, packaging and loading.

6. The Japanese company Mitsubishi Electric Corporation , produces robotic systems for light industry (Fig. 6) [6] . Their work is characterized by high speed and precision, which makes them ideal for various technological operations in the garment and shoe industries.

7. The Italian company Comau is a world leader in the production of automated production systems, including robotic systems (Fig. 7) [7] . They offer a wide selection of robots that can be used in the production of light goods for various operations.

8. The Japanese company Kawasaki Heavy Industries , Ltd is known for its high-quality industrial works that provide high productivity and reliability (Fig. 8) [8] . They can be used for various technological operations in the production of light goods.

These firms are just a few examples of those offering robotic systems for light industry. Each of them has its own unique characteristics and capabilities that can meet the specific needs of the enterprise.

Application of robotics and automation covers all stages of production of light industry products, starting from design and ending with packaging of finished products. Modern technologies in the field of production of finished products make it possible to reduce labor costs and simultaneously increase the accuracy and speed of operations. Automated machines and robots on production lines cut materials, assemble and control the quality of products,

which speeds up the process of manufacturing clothes and shoes and makes it more affordable. In addition, automation helps reduce environmental impact and energy consumption, which is becoming an important aspect in today's industry.



Fig.5. Yaskawa robot



Fig.6. Mitsubishi robot Electric



Fig.7. Robot Comau



Fig.8. Kawasaki robot

The use of robots and automated systems in the production of light industry products ensures a higher quality of finished products. Thanks to the high precision and stability of the production processes, an increased quality is achieved, which is difficult to achieve manually. Modern technologies allow to avoid defects, such as uneven seams, which could occur during manual assembly, which ensures a higher level of comfort and durability of the finished product. Thanks to robotics and automation, clothing and footwear manufacturers can offer consumers a high-quality product that meets the latest fashion and comfort requirements.

Conclusion

Thus, it is possible to observe how quickly robots are introduced into the industrial sphere. Modern technologies increasingly free a person from performing complex and routine work. The introduction of robotics at enterprises can save energy resources, reduce the level of environmental pollution, reduce labor costs and increase the efficiency of the production process. The use of robotic technologies gives factories a unique opportunity to automate production.

The use of robotic systems in light industry can significantly increase productivity, reduce labor costs and ensure stable production quality. Accordingly, enterprises using such technologies have an advantage in the competition on the market.

Literature

1. Fanuc [Electronic resource] . Access mode: https://www.fanuc.eu/ch/fr/robots .
2. ABB [Electronic resource] . Access mode: https://new.abb.com/news/detail/88582/prsrl-new-large-abb-robots-increase-speed-and-flexibility-for-material-handling-on-ev-battery-production
3. KUKA KR 210 R3100-2 [Electronic resource] . Access mode: www.kuka.com
4. L'UR20 [Electronic resource] . Access mode: https://www.universal-robots.com/fr/produits/ur20-robot/
5. Yaksawa [Electronic resource] . Access mode: https://www.yaskawa.eu.com/products/robots/welding-cutting/seriesdetail/serie/ar-series_500
6. Roboty [Electronic resource] . Access mode: https://pl.mitsubishielectric.com/fa
7. Comau N-220 Robot [Electronic resource] . Access mode: https://automation-control.com.au/brands/comau-automation-robotics/comau-n-220-robot/
8. RS005L [Electronic resource] . Access mode: https://kawasakirobotics.com/asia-oceania/products-robots/

ПЛЮСИ І МІНУСИ УРБАНІЗАЦІЇ У СУЧАСНОМУ СВІТІ

Глущенко А.І.
Відокремлений структурний підрозділ «Інститут інноваційної освіти»
Київського національного університету будівництва і архітектури, Україна

Анотація. Як відомо, урбанізація - це процес зростання та розвитку міських поселень, що включає в себе збільшення кількості людей, які проживають у містах, а також розширення міської території та інфраструктури. Урбанізація відбувається через міграцію людей з сільських районів у міста, а також через природний приріст населення вже існуючих міських областей. Урбанізація – це об’єктивний процес, який відбувається у всьому світі, тому він підлягає дослідженням у різних сферах наукової діяльності [3].
Процеси урбанізації значно впливають на розвиток суспільства і виробництва товарів та послуг, розширюючи як кількісно, так і якісно цивілізаційні процеси. Інноваційний характер цих процесів дозволяє підвищити рівень життя людей, підняти продуктивність праці, розширити можливості самореалізації особистості у сучасному місті. Разом з тим, можна спостерігати і негативні явища, такі, як надмірна концентрація населення у великих містах, що створює проблеми з надмірними трафіком, забрудненням довкілля, перевантаженням міських послуг і зростанням цін на житло. Швидкий розвиток промисловості та транспорту у міських областях призводить до серйозного забруднення повітря, води та ґрунту, що має негативний вплив на здоров'я населення та екосистеми. Також урбанізація сприяє зростанню соціальних нерівностей між міськими та сільськими регіонами, а також всередині міст. Багатіші індивіди та регіони можуть отримувати більше переваг та можливостей, тоді як менш заможні групи можуть залишатися в тіні. Такий фактор, як міграція сільського населення до міст призводить до великих міграційних потоків, що може викликати проблеми інтеграції, безробіття, житлової нестабільності та інших соціальних проблем.
Тобто, протиріччя, що виникають у процесі урбанізації сільської місцевості, є досить складними і потребують участі спеціалістів з різних областей містобудування а також використання систем штучного інтелекту і нейромереж. Приклади цього можна спостерігати в развинутих країнах, таких, як Китай, Корея, США, Німеччина, Японія, Сінгапур тощо. Втілення новітніх технологій має незворотний характер і потребує нових компетенцій не тільки для фахівців, але й для кожної людини.

Основні ознаки урбанізації включають:

1. Зростання населення міст: збільшення кількості людей, які проживають у міських районах, порівняно з сільськими районами.
2. Розвиток міської інфраструктури: розширення міських послуг та інфраструктури, такої як дороги, транспорт, освіта, охорона здоров'я та інші.
3. Індустріалізація та економічний зріст: зростання ролі міст у господарському розвитку, розвиток промисловості, торгівлі та інших сфер економіки.
4. Зміна життєвого стилю: зміна у способі життя та культурних уподобаннях населення, що характеризується більшою різноманітністю, доступністю та мобільністю.
5. Екологічні виклики: збільшення тиску на природне середовище через велику концентрацію населення та промисловості в міських районах.

Урбанізація є важливим процесом в економічному, соціальному та культурному розвитку суспільства, але вона також може створювати виклики, такі як недостатність житла, забруднення навколишнього середовища, соціальні нерівності та інші. Ефективне управління урбанізацією вимагає комплексного підходу та врахування інтересів різних груп населення.

Урбанізація в сучасних країнах світу в ідбувається через різноманітні процеси та фактори, які включають економічні, соціальні, політичні та технологічні аспекти. Ось деякі з них з прикладами:

1. Індустріалізація та економічний розвиток: розвинені країни, такі як Сполучені Штати, Канада, Європейські країни та Японія, демонструють урбанізацію, пов'язану з переходом до послугово-орієнтованої економіки. Міста стають центрами фінансів, торгівлі, інновацій та інших галузей, притягуючи людей з різних регіонів.
2. Міграція із сільських районів: у багатьох розвинених країнах спостерігається масова міграція сільського населення до міст. Наприклад, в Китаї, великі міста, такі як Шанхай та Пекін, зростають за рахунок міграції з провінційних містечок і сіл.
3. Глобалізація та інформаційні технології: розвиток глобалізації та зростання доступності інформаційних технологій збільшують міжнародну мобільність та сприяють формуванню світових мегаполісів, наприклад, Лондон, Нью-Йорк, Токіо.
4. Зміни у структурі сільського господарства: в багатьох країнах урбанізація відбувається через зміни у структурі сільського господарства та впливу аграрної реформи. Наприклад, в Індії, урбанізація зумовлена зростанням ролі міст у господарському розвитку, а також швидким ростом населення.
5. Розвиток міст як центрів культури та туризму: урбанізація також відбувається через розвиток міст як центрів культурного та туристичного життя. Наприклад, Барселона, Берлін, Рим стають популярними туристичними напрямками та приваблюють іноземних мешканців та іммігрантів.

Ці процеси урбанізації відбуваються в сучасних країнах світу з різною інтенсивністю та специфікою, в залежності від рівня розвитку, культурних, економічних та політичних факторів.

Існують деякі фактори, які можуть затримувати процес урбанізації як у провідних країнах світу, так і в Україні. Перш за все це економічні обмеження, оскільки високі витрати на житло та життя в містах можуть затримувати міграцію з сільських районів. Наприклад, великі вартості оренди житла в містах можуть змушувати людей залишатися у селах. Недостатня кількість робочих місць у містах може призвести до затримки урбанізації. Якщо міста не забезпечують достатньо можливостей для працевлаштування, то мешканці можуть відмовитися від переїзду. Також відсутність або недостатня розвиненість міської інфраструктури, такої як транспортна система, комунальні послуги, медичні заклади тощо, може затримати процес урбанізації.

Соціокультурні чинники теж можуть гальмувати цей процес, тому що культурні звичаї та соціальні умови можуть впливати на рішення людей про переїзд у місто. Наприклад, прив'язаність до родини та сільського способу життя може бути перешкодою для переїзду до міста. Ну і зрозуміло, що політичні обмеження, такі як законодавчі обмеження щодо міграції, а також корупція та нестабільність політичної ситуації, можуть ускладнювати урбанізацію.

Україна, зокрема, також має свої специфічні фактори, що затримують урбанізацію, такі як економічна нестабільність, відсутність розвиненої міської інфраструктури в багатьох регіонах, високий рівень безробіття та еміграції за кордон, а також соціальні та культурні звичаї.

На сьогоднішній день, Китай є країною, де найбільше йде процес урбанізації [1,2]. Урбанізація у Китаї є однією з найшвидших у світі та має значний вплив як на внутрішнє економічне та соціальне життя країни, так і на світову політику та економіку загалом.
Низка факторів сприяє урбанізації в Китаї, включаючи:

1. Економічний розвиток: швидкий економічний зріст Китаю привертає людей у міста у пошуках робочих місць та кращого економічного статусу.
2. Індустріалізація: розвиток промисловості в міських областях створює багато робочих місць і приваблює сільське населення.
3. Політика державного урбанізаційного планування: Китай має стратегії державного урбанізаційного планування, які спрямовані на активне розвиток міст.
4. Популяційний тиск: зростання населення і природний приріст також сприяють урбанізації, оскільки Китай є найбільш населеною країною у світі.
5. Інфраструктурні проекти: багато мегапроектів інфраструктурного будівництва в містах, таких як мережі метро, нові шляхи та міста, також збільшують привабливість міст для мешканців.

Урбанізація в Китаї, проте, також стикається з рядом проблем, таких як надмірна концентрація населення у великих містах, забруднення навколишнього середовища, соціальні нерівності та інші [5]. Але несмотря на це, урбанізація залишається одним з ключових факторів розвитку Китаю в XXI столітті.

Але, хоча вона й є ключовим елементом економічного та соціального розвитку країни, також супроводжується рядом негативних наслідків і проблем, таких як надмірна концентрація населення у великих містах, що створює проблеми з надмірними трафіком, забрудненням довкілля, перевантаженням міських послуг і зростанням цін на житло. Швидкий розвиток промисловості та транспорту у міських областях призводить до серйозного забруднення повітря, води та ґрунту, що має негативний вплив на здоров'я населення та екосистеми. Також урбанізація сприяє зростанню соціальних нерівностей між міськими та сільськими регіонами, а також всередині міст. Багатіші індивіди та регіони можуть отримувати більше переваг та можливостей, тоді як менш заможні групи можуть залишатися в тіні. Такий фактор, як міграція сільського населення до міст призводить до великих міграційних потоків, що може викликати проблеми інтеграції, безробіття, житлової нестабільності та інших соціальних проблем.

Також швидкий розвиток міст призводить до недостатнього розвитку інфраструктури, такої як дороги, транспорт, водопостачання, каналізація, що може створювати проблеми з комфортом та якістю життя для мешканців.

Ну і, звісно, втрата сільських традицій та культури: Урбанізація може призводити до втрати традиційних сільських та етнічних культур, що веде до гомогенізації суспільства та зменшення культурної різноманітності.

Ці проблеми вимагають комплексного підходу та ефективних стратегій урбанізації, щоб забезпечити стале та збалансоване розвиток міст у майбутньому.

Однак, розвиток містобудування у сільській місцевості включає в себе ряд складних питань, оскільки потреби та умови для розвитку в сільських районах можуть суттєво відрізнятися від міських областей [4]. Поперше це інфраструктурні виклики, які полягають в тому, що сільські райони часто стикаються з недостатністю інфраструктури, такої як дороги, транспорт, водопостачання та каналізація. Розвиток містобудування потребує великих інвестицій у покращення цієї інфраструктури. Також слід відмітити, що сільські райони часто мають меншу економічну стійкість, ніж міста, через що забезпечення фінансових ресурсів для розвитку містобудування може бути важким завданням.

Важливим чинником, що ускладнює розвиток містобудування, є соціальна ізоляція та демографічні виклики: у сільських районах може виникати проблема соціальної ізоляції та відсутності доступу до освіти, медичних послуг та інших соціальних послуг. Демографічні виклики, такі як старіння населення та відтік молодих людей до міст, також є серйозними проблемами.

Розвиток містобудування в сільських районах обов’язково повинен враховувати збереження природних та культурних ресурсів, таких як сільські пейзажі, історичні пам'ятки та традиції.

Надаючи нові можливості для розвитку промисловості та бізнесу, урбанізация в цілому може допомогти стимулювати економічний розвиток сільських районів та зменшити міграційний тиск до міст.

При цьому повинно здійснювати стале використання земельних ресурсів, забезпечуючи баланс між забудовою та збереженням сільських ландшафтів.

Розв'язання цих складних питань вимагає інтегрованого підходу, враховуючи потреби та можливості місцевого населення, урядових органів, громадських організацій та інших стейкхолдерів.

Урбанізація, при цьому, має значний вплив на суспільство і може мати різноманітні соціальні наслідки. Ось деякі з них:

- Зміна структури населення: У міських районах зазвичай вищий рівень народжуваності і менший рівень смертності порівняно з сільськими районами, що може призводити до зростання чисельності населення міст. Це може викликати зміни в структурі населення, такі як збільшення кількості молодих людей та зменшення кількості людей похилого віку.
- Зростання рівня міграції: Міста зазвичай приваблюють багато мігрантів з сільських районів та інших країн через більші можливості щодо роботи, освіти та розваг.
- Соціальна мобільність: Міста можуть створювати більше можливостей для соціальної мобільності. Люди з бідних сімей можуть мати кращий доступ до освіти та робочих місць у містах, що дозволяє їм піднятися по соціальній драбині.
- Проблеми житлової сфери: Зростання населення міст може призвести до дефіциту житла, особливо серед найбідніших шарів населення. Це може призвести до утворення трущоб та інших форм непристойного житла.
- Погіршення екологічної ситуації: Значне збільшення використання транспорту, виробництво та інші промислові діяльності у містах можуть призвести до забруднення повітря та водойм, що негативно впливає на здоров'я мешканців.
- Соціальні розлади та проблеми безпеки: Міські області часто стикаються з проблемами кримінальності, наркотиків та безпеки через велику концентрацію людей та соціальні розлади.
- Політична активність: У міських районах частіше спостерігається активна політична участь через більш доступні можливості для організації та комунікації.

Ці соціальні наслідки урбанізації відрізняються в залежності від конкретного контексту країни, регіону чи міста, а також від ефективності управління цими процесами.

Зокрема, урбанізація має значний вплив на розвиток суспільства в Україні, особливо у контексті останніх десятиліть [7]. Так, міста в Україні є центрами економічного розвитку, де зосереджені значні інвестиції, підприємства та бізнес-структури. Урбанізація сприяє створенню нових робочих місць, розвитку послугових галузей та залученню іноземних інвестицій.

Також урбанізація призводить до переходу від сільськогосподарської до індустріальної та послугової економіки. Це вимагає зміни кваліфікаційного складу працівників та розвитку нових секторів зайнятості, таких як інформаційні технології та інноваційні галузі. Відбувається і процес соціальної інтеграції: міста надають більше можливостей для соціальної інтеграції національних меншин, мігрантів та інших соціальних груп. Здійснення спільних культурних та освітніх заходів може сприяти розумінню та толерантності між різними категоріями населення.

Важливим явищем є те, що урбанізація стимулює розвиток міської інфраструктури, включаючи транспортну, комунікаційну, освітню та медичну. Це сприяє підвищенню якості життя мешканців та забезпеченню їх потреб.

Але тут ми маємо зростання екологічних проблеми: збільшення промислової діяльності та транспортного руху у містах може призводити до забруднення довкілля та екологічних проблем, таких як забруднення повітря та водоймів.

Урбанізація, в силу своєї специфіки, може поглибити економічну нерівність між міськими та сільськими регіонами. Міста зазвичай мають більші можливості для отримання вищого рівня освіти та заробітку, що може зробити розрив між містом і селом ще більшим.

Отже, урбанізація в Україні має як позитивні, так і негативні аспекти, і важливо здійснювати ефективне управління цим процесом, щоб максимізувати його переваги та зменшити негативні наслідки [8].

Таким чином, процеси містобудування, що поширюються на сільську місцевість, треба розглядати під різними кутами, враховуючи те, що вони є дуже складними і системними і ведуть суспільство до радикальних змін.

Висновки. Процеси урбанізації, звісно, мають об’єктивний характер, проте слід враховувати, що вони є дуже складними, багаторівневими і системними, що призводить до зміни соціального життя, перетворенню людей, що мешкали у сільській місцевості, на городян. Незважаючи на військові дії, що відбуваються зараз на території України, містобудування не зупинялося, при цьому слід враховувати, що на нас чекає відновлення міст, зруйнованих ворожими діями. Це значно ускладнює процеси відновлення міської інфраструктури, у зв’язку зі значною долею замінованих територій.

Але, досвід, що отримують будівельники в таких умовах, є унікальним і навряд чи має аналоги у світі. Відновлення зруйнованої міської інфраструктури українських міст вже відбувається, завдяки наявності цілої низки досвідчених профільних спеціалістів в будівельній галузі і промислової бази, яка майже не постраждала від руйнівних обстрілів і бомбардувань ворожими засобами нападу.

Тобто, урбанізація українських міст триває, незважаючи ні на що, і несе із собою розвиток українського суспільства, розширення можливостей побудови розвиненої європейської країни, яка зможе підвищити свою конкурентоспроможність на світовому ринку товарів та послуг.

СПИСОК ВИКОРИСТОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Chen, Qing. Тенденції та фактори урбанізації в сучасному Китаї // Urban Development Review. 2017. 30(4), 78-91.
2. Li, Wei. Урбанізація в Китаї: виклики та можливості // Oxford University Press. 2020 ISBN: 978-0-1234-5678-9
3. Li, Wei. Урбанізація в сільській місцевості: перспективи та стратегії // Springer. 2018. ISBN: 978-1-1234-5678-9
4. Smith, John. Урбанізація сільської місцевості: виклики та можливості // Journal of Rural Studies. 2020. 25(3), 45-62.
5. Wang, Mei. Проблеми та перспективи розвитку сільських територій у контексті урбанізації // Rural Development Perspectives. 2017. 15(1), 112-125.
6. Zhang, Xiaoming. Урбанізація та розвиток міст в Китаї: тренди та перспективи // Chinese Urban Planning. 2018. 20(2), 35-48.
7. Гриценко О. Феномен урбанізації сільської місцевості в Україні // Урбаністичні дослідження. 2019. 10(2), 78-91.

8. Коваленко П. Урбанізація сільської місцевості: тенденції та виклики // Київський університет. 2016. ISBN: 978-1-2345-6789-0

MODELING OF THE ELASTOHYDRODYNAMIC CONTACT CONDITIONS OF A CAR WINDSHIELD WIPER

Holenko K.[1], Dykha O.[1], Horbay O.[2], Dykha M.[1], Dytyniuk V.
[1]Khmelnytskyi National University, Ukraine
[2]Lviv Polytechnic National University, Ukraine

Abstract. Most road vehicles, as well as airplanes and trains, are equipped with windshield wipers that meet regulatory requirements (UNECE R43 in Europe or FMVSS 135 and 104 in the USA, etc). Among the evaluation criteria for determining the effectiveness of cleaning the glass surface is the mechanical pressure of the wiper rubber brush with its magnitude and distribution over the window surface. the following tasks were solved: assessment of the wiper pressure influence on the windshield surface; FEA of the windshield wiper extreme operating conditions (immobilized wiper frame); development of a new wiper blade design with individual brushes and CFD analysis of its efficiency in the Ansys Fluid Flow.The natural pressure inhomogeneity of the conventional windshield wiper is additionally produced by the mobility of the wiper mechanism links and the internal deformations of its rubber brush along with the blade. According to our research, the pressure value should be regulated by R43 norms and not exceed 30-50 kPa (28.9 kPa was measured for the extreme case of immobilized wiper), and the external normal load on the wiper frame should not be more than 20-30 N. In our case, a conventional wiper blade was deformed by 1.34 mm under a load of 20 N (according to R43 the max. deformation cannot exceed 1.5 mm). Further load of the wiper frame causes plastic deformations - displacements have increased to 1.82 mm and the geometric shape has reached a "chopped" character, which can cause thin streams of dirt on the glass in real-world conditions. Besides, there were investigated mathematical models (Winkler, Kerr and Pasternak) for simulation of the layered deformations of the conventional wiper - the issue is the models do not provide transient processes, like used Ansys Transient Structural. Finally, there was designed and investigated a two-row blade model with individual brushes. CFD tests showed its 1.58 times greater efficiency compared with the classic one-row blade: the water flow velocity was 15.61 against 9.861 m/s. The developed innovative design of the wiper blade has prospects for patent registration and further research involving individually developed AI models for predicting the optimal configuration of the rubber brushes of the second row: their length and thickness, angles of inclination and distance from the main blade as well as the stiffness of the manufacturing material.
Keywords: Windshield wiper, distributed pressure, plastic deformations, elasticity, Ansys Transient Structural

Introduction

Today, there are several known Regulations governing the standard requirements for windshield wipers, including FMVSS (Federal Motor Vehicle Safety Standards) in the United States and the UNECE in European Union. FMVSS 104 and FMVSS 135 establish such requirements as the wiper system should not interfere with the driver's work but stay capable of cleaning a regulatory-defined area of the windshield during the specified number of cycles, etc. UNECE Regulation No. 43 (R43) contains requirements for the operation of windshield wipers and describes their ability to effectively clear the windshield of rain, debris or snow. However, some of the parameters of the specified Rules require updating to meet the modern trends, for example: control of the windshield wiper pressure on the glass surface or selection of alternative profiles of rubber blades with an assessment of their effectiveness - these are the main points of our research.

Literature reviewand statement of the problem

The review [1] chronicles the evolution of car wiper and washer designs from 1939 to 2021, highlighting major innovations aimed at optimizing windshield cleaning and enhancing road safety. It acknowledges the increased risk of accidents in adverse weather due to potential visibility issues caused by wiper and washer systems and concludes by suggesting future

research directions for further improvement of these systems. Windshield wipers primarily serve to remove water and debris from the front glass [2], ensuring the driver has a clear view of the road ahead. The document [3] examines how variations in windshield curvature affect the force distribution exerted by a wiper blade and demonstrates its subsequent impact on transient dynamics. This research calculates contact distributions for three different windshield curvatures and three points of force application using FEA environment. These are then examined using a series of interconnected mass-spring-dampers to simulate the dynamic behavior of the wiper blade edge. Study [4] delves into the intricate non-linear interaction between the wiper blade and the vehicle's glass using FEA, demonstrating how the blade's shape affects force distribution. As the blade's contact with the windshield is contingent on wiper movement, it is beneficial to refer to document [5], which focuses on the geometric synthesis of the windshield wiper mechanism using a rocker for the blade fixation. Wiper mechanisms are investigated in [6] as well. The raised topic is continued in [7] where the dynamic characteristics and generation mechanism of windshield frameless wiper blade oscillations are investigated. This paper proposes a performance prediction scheme for wiper blades utilizing a sectional linkage model to estimate the oscillations caused by frameless constructions and offers a detailed analysis of the nonlinear dynamics. The paper [8] explores the friction and vibration dynamics of vehicle wiper-windshield interactions, developing and verifying dynamic and friction models under various conditions, aiming to provide a theoretical foundation for the structural optimization of rubber blades. The authors in [9] analyzed the dynamics of wiper blades on curved windshields, focusing on such parameters as the attack angle that contributes to the jumping issues development. It introduces a two-link analytical model to examine the interplay of dynamic and static friction, using the variable slack control method to precisely determine the transition times and conditions affecting the jump phenomenon. The paper [10] examines windshield wiper vibrations and their impact on driving comfort and safety, measuring contact forces at different points along the brush blade. Results show higher forces and vibrations at the blade's inner and middle sections, highlighting areas for targeted improvement in future research. Taking into account the scientific novelty of the two-row windshield wiper blade model proposed by us, it is advisable to familiarize yourself with other novelties in the field of windshield wipers. The authors of [11] also presented their automatic rain-sensing wiper system aimed at enhancing driver safety by using water sensors, Arduino Uno, a servo motor, and an external power supply to detect rain intensity and control the wiper speed automatically (for reducing manual errors and distractions). The authors of [12] presented an automatic car wiper system designed to minimize driver distractions by adjusting the wiper speed according to rain intensity and providing an audio alert for heavy rain. Automatic rain-sensing wipers using Arduino are a topic of [13]. Automotive engineers present precise mathematical formulas applied to the 3D elastic model with specific boundary conditions to predict the vibration frequencies of a rubber wiper on a windshield [14]. This model, aimed at reducing noise, has been validated against experimental data, showing near-perfect agreement and offering a reliable tool for testing and improving wiper design. It turns out that the topic of windshield wiper research is quite popular among existing scientific publications, however, we did not find modern works devoted to the simulation of extreme operating conditions of windshield wipers or the presentation of new types of rubber blade profiles. Our research shows that the R43 Regulations are somewhat outdated and require updating to meet today's automotive trends.

Regulatory requirements according to FMVSS and UNECE do not cover all possible cases of wiper operating conditions and are somewhat conservative - focused exclusively on traditional single-row rubber blades. As part of our research, the following tasks were solved: assessment of the wiper pressure influence on the windshield surface; FEA of the windshield wiper extreme operating conditions (immobilized wiper frame); development of a new wiper

blade design with individual brushes and CFD analysis of its efficiency in the Ansys Fluid Flow.

Research materials and methods

Before proceeding to analytical studies of a conventional windshield wiper Ansys model, it is worth considering some of its design features based on a simplified assembly (Fig. 1): a typical prefab structure of a conventional windshield wiper consists of a retainer (1), a frame of the windshield wiper (2), a rubber brush with blade (3), which together rotate on the axis of the bracket (4). The retainer (1) is connected by a cylindrical hinge to the bracket (4) and is pressed against the surface of the glass by a spring (5).

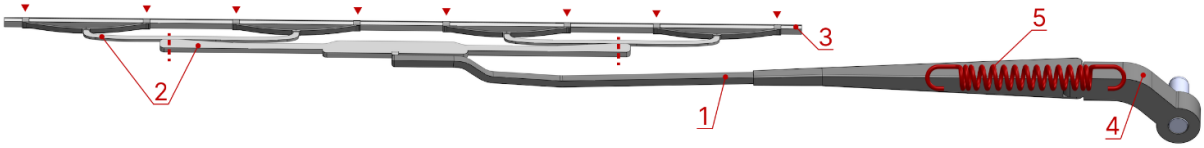


Fig. 1. Conventional windshield wiper model typical scheme: 1 – retainer; 2 – frame; 3 – brush; 4 – bracket; 5 – spring

The spring (5) produces a load that is transmitted directly to the windshield wiper frame, spreading pressure on the glass surface through the rubber blade of the brush. At first glance, one might think that this load distribution is uniform over the length of the contact between the blade and the glass, but this is not entirely true - the windshield wiper frame (2) consists of movable links (rocker arms) rotating on the corresponding axes (dotted lines in Fig. 1) to ensure repeatability of glass curvature. The rubber brush is clamped to the rocker arms, as a rule, at 8 points (marked by triangles in Fig. 1). It will not be possible to compensate the point load by selecting the appropriate stiffness of the wiper rubber brush, because this parameter is provided by the requirements of the R43 and is checked by the method of brush moving along the surface of a standardized vessel with a width of 80 mm or in other certified equipment, the conditions of which are described in Annex 3; the cross-sectional dimensions of the rubber brush (Fig. 2) are defined: the thickness of the blade (7) is 0.6 mm; the blade height (1) and the rest of the brush (3) – 5 mm each; neck (2) – 0.5 mm. The index numbers and values are taken from R43.

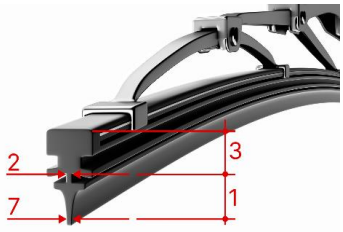
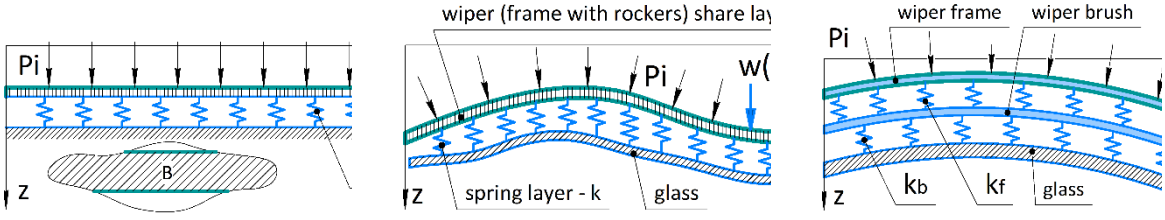


Fig. 2. R43 windshield wiper brush parameters of the cross-section: 1 – 5 mm; 2 – 0.5 mm; 3 – 5 mm; 7 – 0.6 mm

Mathematical modeling of the wiper interaction with the glass surface can be carried out based on the Winkler solution (model *a* in Fig. 3) - a linear elastic model (an infinite x length beam with B width and bending stiffness EI) of local deformations under the $Q(x)$ external load diagram.



a *b* *c*

Fig. 3. Mathematical layered models: a – Winkler; b – Pasternak; c – Kerr

Let's analyze the most difficult case of wiper operation: the surface of the windshield is curved and the rubber blade is rectilinear. This could be when the moving links (rocker arms) of the windshield wiper frame are frozen or acidified and blocked (do not rotate on the corresponding axes). Then the entire frame of the windshield wiper is immobilized, which often occurs in winter, off-road or from the old age of the car. The following boundary conditions were set in the Ansys Transient Structural environment (Fig. 4):

- "Fixed Support" of the curved windshield bottom surface (tag C);
- zero "Displacement" (tag A) of the wiper frame along Z axe (parallel to the surface of the glass) during the whole experiment (duration = 1 s with 5 steps of 0.2 s each);
- "Force" (tag B) applied to the center of the wiper frame along the Y axis (perpendicularly to the surface of the glass) with a load of 20 N, which is a typical value for the wipers pressed by the spring (element 5 in Fig. 1);
- the length of the rubber blade is 500 mm and the coefficient of friction is 0.1;
- "Common glass", "Neoprene Rubber" and the "Structural Steel NL" materials with the nonlinear stress-strain curve;
- the FE-mesh of the model consists of 14268 elements and 41913 nodes. Used hardware consists of 2 physical Intel Xeon 24, RAM 48 Gb, NVIDIA GeForce 4Gb video.

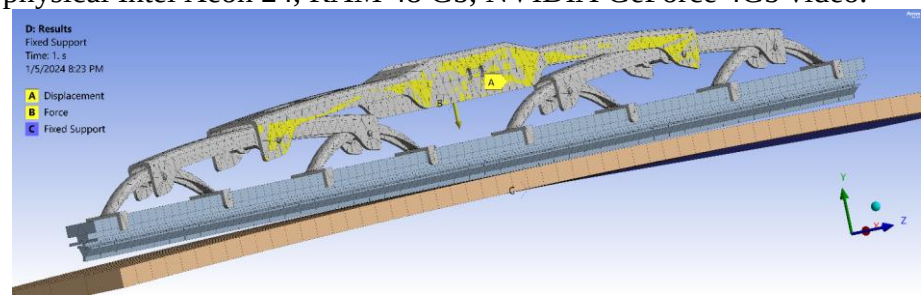
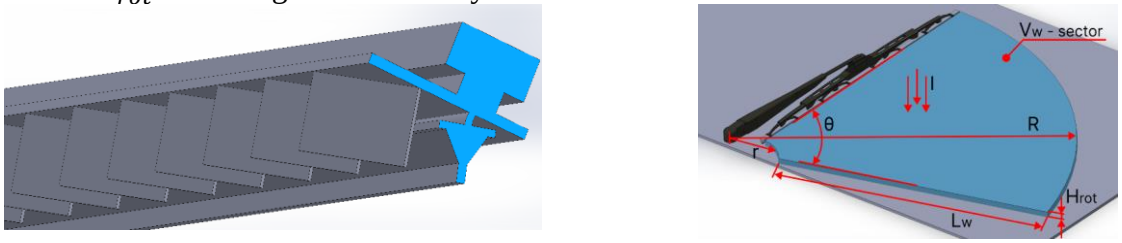


Fig. 4. Windshield wiper boundary conditions in Ansys Transient Structural

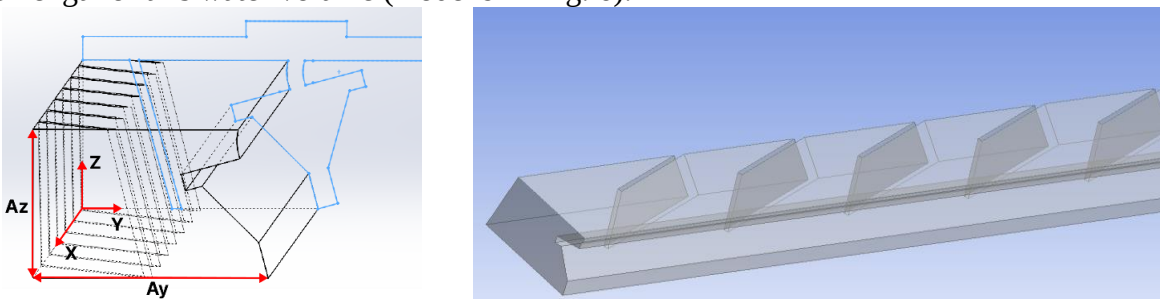
A SolidWorks model developed by us (model *a* in Fig. 5) is a hybrid of a classic continuous rubber blade with an additional row of individual micro-brushes located at an angle. Our previous expectations of efficiency are based on the idea that each such brush acts as a broom, sweeping dirt from the glass surface on one side, and passing water flows through the channels - on the other. Let's check the last hypothesis by modeling it in the Ansys Fluid Flow environment, but before that, let's familiarize ourselves with the approach of mathematical modeling and the theory of calculation. The windshield wiper washes off the volume of water V_w during the time of one rotation t_{rot} (model *b* in Fig. 5), but the consumption Q_w will additionally depend on the k_d – dynamism factor since the car travels a distance d_v during the same time t_{rot}. In fact, k_d defines how many times we should consider the V_w during t_{rot}. The V_w parameter itself represents the area of the water sector A_w multiplied by the height of the water cover H_{rot} according to the intensity of the rain I.



a *b*

Fig. 5. Modelling of the custom wiper blade: a – solid model with an additional row of individual brushes located at an angle; b – water sector volume boundary conditions

In addition, in real conditions, the movement of water is not unidirectional, which increases the degree of differentiation complexity relative to all axes x, y, z (model *a* in Fig. 6). Thus, it seems appropriate to proceed to CFD-modeling of the water flow (model a in Fig. 6) passing the innovative wiper blade with individual brushes (model *a* in Fig. 5). Blue lines (model *a* in Fig. 6) correspondent to the cross-section profile of the wiper blade and the black lines – to the water volume under it. To simplify the calculation, we modeled part of the solid model length of this water volume (model *b* in Fig. 6).

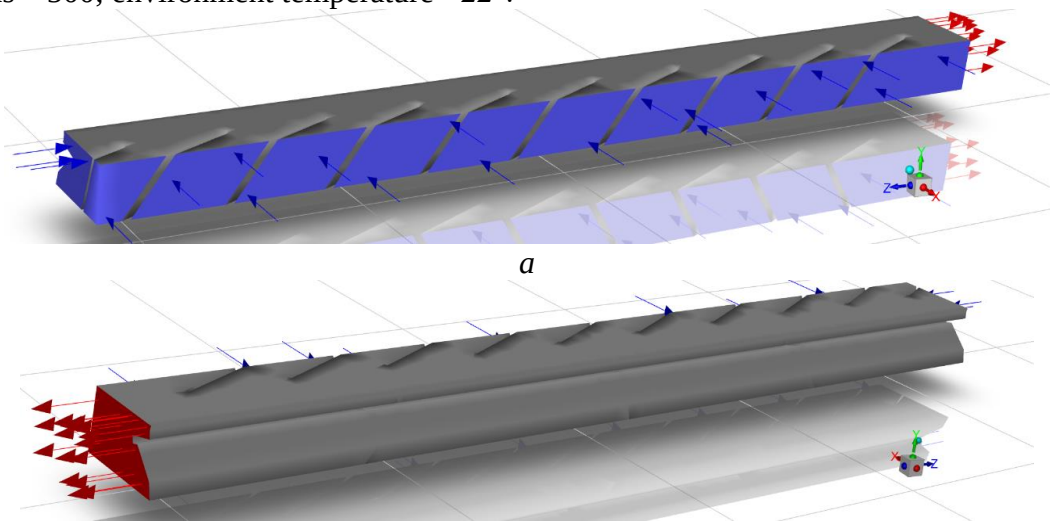


a *b*

Fig. 6. Volume of water passing through a modified wiper blade with brushes: a – cross-section of water volume (black lines) under the blade (blue lines); b – part of the Ansys model of volume water model

Let's analyze the geometric parameters of the cross-section of the water flow volume (model *a* in Fig.6): $A_z \cong const$ – a stable magnitude that is determined by the physical height of the blade profile and can fluctuate within very small limits (0.1 - 0.25 mm max) by changes in the pressure of the wiper against the glass that was investigated above in the previous section 4.1 (models a in Fig. 9 and Fig. 11). $A_y \neq const$ – a variable parameter since the area $A(x,t)$ (8) depends on the intensity of the rain I, which was also demonstrated in (6). In fact, Ay is responsible for how much water the windshield wiper washes in 1 pass.

In the Ansys Fluid Flow model (Fig. 7), the inlet water flow of the velocity $v_i = 0.5$ *m/s* corresponds to the blue areas (model *a* in Fig. 7), and the outlet water flow - to red (model b in Fig. 7) with the area A_{outlet} (Table 1). Such boundary conditions already visually demonstrate the fact of the change of parameter $A(x,t)$ (8) in time and coordinates. Water boundary conditions were: density 998.2 *kg/m*^{3}; viscosity 0.001003 *kg/(m·s)*; number of Ansys calculation iterations – 500; environment temperature - 22°.



a

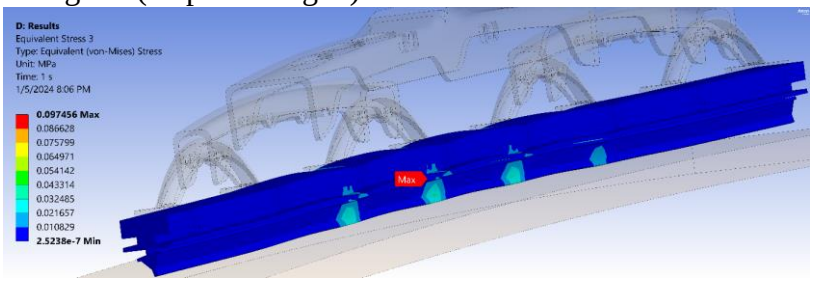
b

Fig. 7. Ansys Fluid Flow boundary conditions: a – inlet flow; b – outlet flow

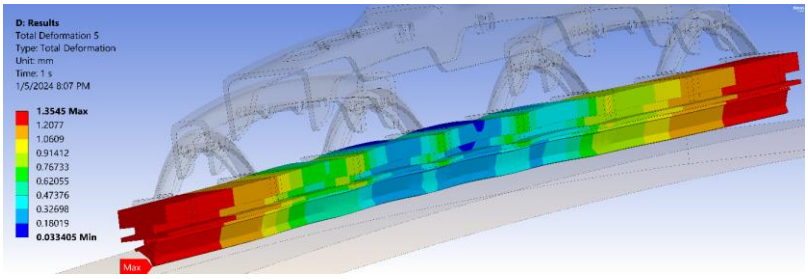
Results of the mechanical wiper interaction with a windshield

The FE analysis of the stress-strain state of the windshield wiper contact with curved glass made it possible to establish the following results:

1) simulation of the real conditions of the windshield wiper operation cannot be completely replaced with the considered mathematical models, which is especially visible from the non-uniformity of the rubber blade deformation along its length (Fig. 8). Even the closest Kerr model (4) is insufficient because it does not fully take into account the change in the windshield wiper stiffness over its length - in fact, the coefficients k_b and k_f should be functions. In this way, the calculated pressure on the surface (4) should be variable along the length of the wiper, which we can see from the results of the stresses-strain maps of the rubber blade: 0.097 MPa is the maximum von Mises stress in the central part of the blade (map *a* in Fig. 8) and 1.34 mm of deformation (map *b* in Fig. 8) at the ends of the blade, which did not reach contact with the glass (map *a* in Fig. 9).



a



b

Fig. 8. Windshield wiper blade Ansys maps: a – stress; b – deformation

The non-uniformity of the blade pressure on the glass surface is clearly observed on the stress map (max value is 28.9 kPa in map *b* in Fig. 9). The maximum von Mises stress recorded on the axes of the wiper frame rockers is 94.33 MPa (map *c* in Fig. 9), which is quite high relative to the yield strength (124 MPa for brass). The location of these stresses is predicted because our boundary conditions (Fig. 4) assumed the jamming of the indicated axes for modeling the most difficult case of operation.

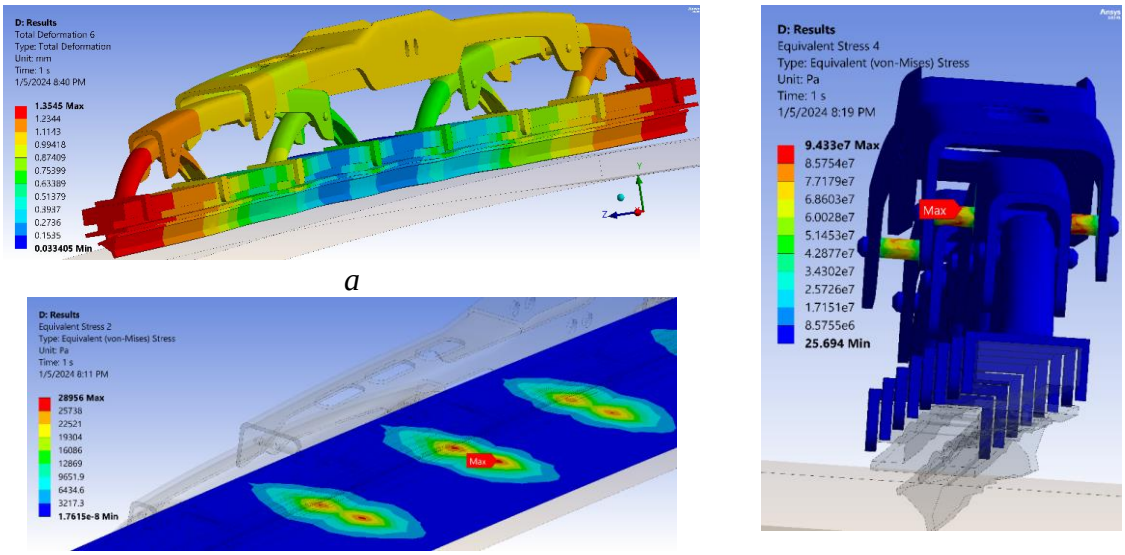


Fig. 9. Stress and deformation maps: a – wiper assembly deformations; b – glass surface stress; c – wiper assembly von Mises stress

Despite the linearity of the external load growth on the wiper frame to the target 20 N (Fig. 4) during the experiment duration (1 s), the deformations and strains of the blade in the selected locations corresponding to the attachment points (clamps) with the rockers (model *a* in Fig. 10) are completely non-linear, which is clearly shown in Fig. 10 (red, green and blue correspond to the min, max and average values).

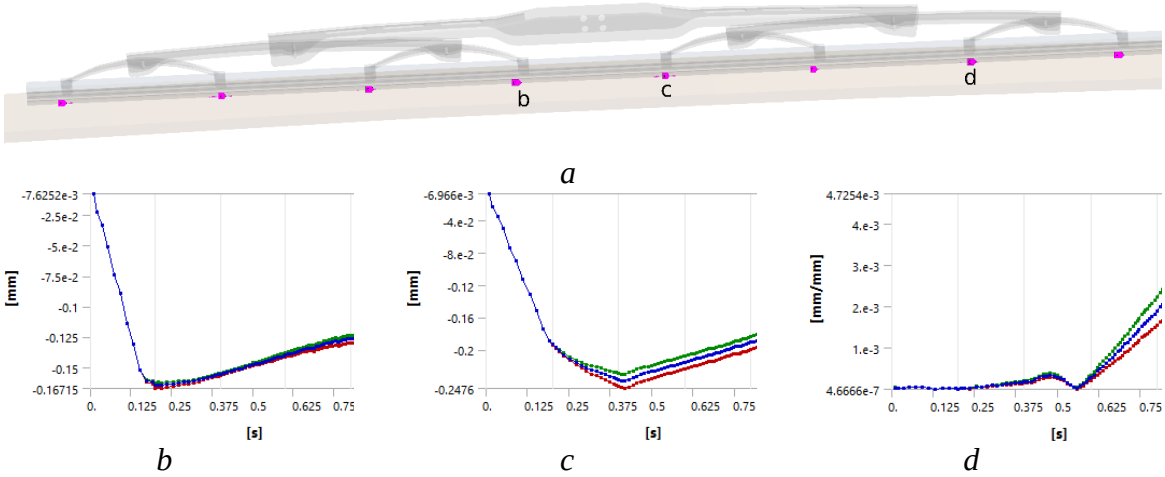
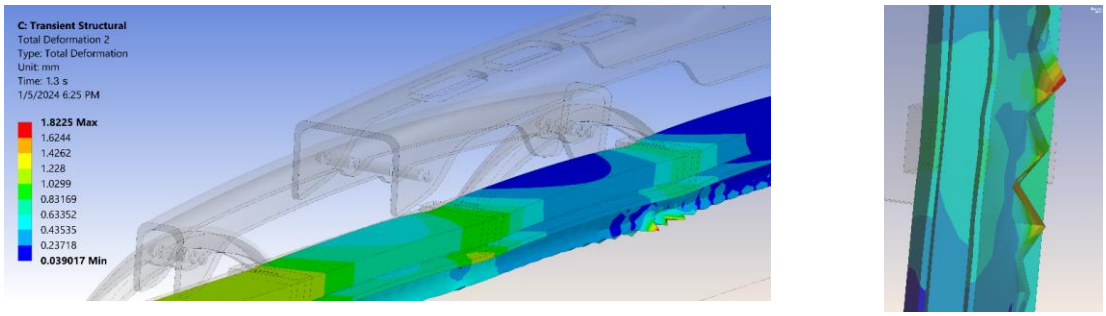


Fig. 10. Attachment points (clamps) with the rockers: a – point locations; b – point b deformation; c – point c deformation; d – point d strain

2) If we continue the further load of the wiper frame, it's possible to observe plastic deformations exactly in the critical zone of the rubber blade - under each of those 8 clamps of the rockers (model *a* in Fig. 10), which correlates with mathematical modeling. These areas are subjected to the load P_i which was given in equations (1-3). The displacements have increased to 1.82 mm (map *a* in Fig. 11), and the geometric shape in this area has a "chopped" character that will certainly lead to the appearance of thin jets of dirt or water on the glass in real conditions due to the curved shape of the blade (map *b* in Fig. 11).



a *b*

Fig. 11. Local deformations of the wiper blade: a – Ansys Transient Structural deformations map; b – blade view from below

Rubber blade CFD analysis

There were analyzed four calculation models (Table 1): #1 - classic brush with a single-row continuous wiper blade and #2-4 - models with an additional row of individual brushes and a different A_y parameter range, which directly affects the area of the output channel A_{outlet}. We will consider the maximum recorded velocity of water flows v_{max} as the efficiency criterion of the wiper blade. The faster the windshield wiper washes out a given volume of water past itself in 1 rotation, the less liquid and dirt remain on the glass surface.

Table 1.Dynamic characteristics of different configurations of wiper blades in the Ansys Fluid Flow

#	Blade type	A_y, *m*	A_{outlet}, m^2	v_i, *m/s*	v_{max}, *m/s*	v_{outlet}, *m/s*
1	Flat blade	0.007	2.6244×10^{-5}	0.5	9.861	9.562
2	with brushes	0.007	2.6244×10^{-5}	0.5	15.61	15.14
3	with brushes	0.009	3.5041×10^{-5}	0.5	14.07	13.65
4	with brushes	0.011	4.3397×10^{-5}	0.5	10.01	9.703

The water flow simulations for different models in the Ansys Fluid Flow environment allow us to visually compare the velocity results (Fig. 12).

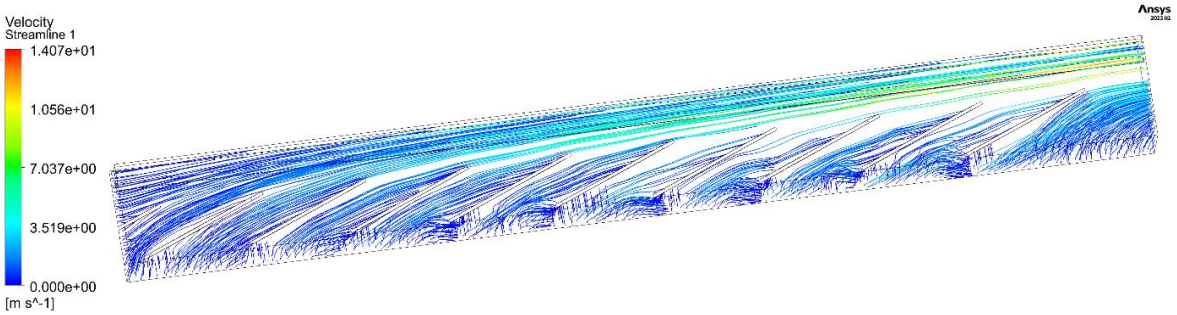


Fig. 12. Velocity results of Ansys Fluid Flow blade

Despite the visual laminar demonstration of the velocity presented in Fig. 12, in reality, the water flows are particularly turbulent, which is clearly visible on the volumetric filling of model #3 (Fig. 13) - red clots with local eddies (max velocity value).

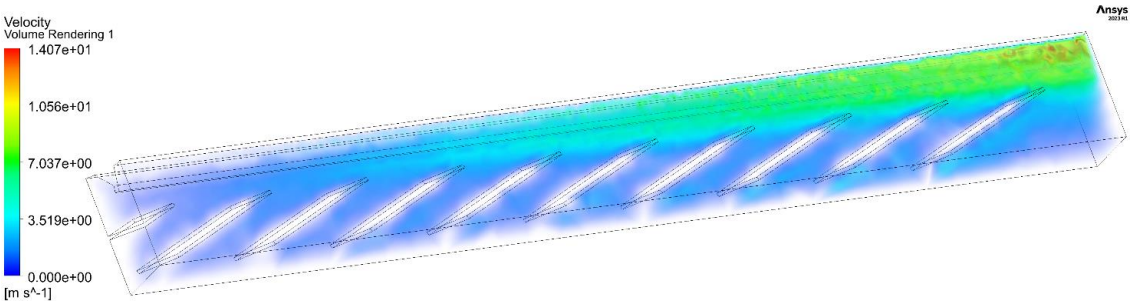
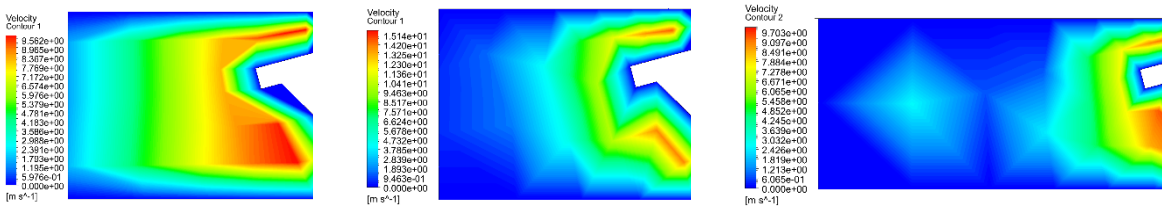


Fig. 13. Velocity visualization by volumetric filling of model #3

The distribution of the output velocity v_{outlet} along the output plane (red area *b* in Fig. 7) with area A_{outlet} is presented in Fig. 14 and the values are indicated in Table 1.



a *b* *c*

Fig. 14. Velocity maps on the outlet plane A_{outlet} of blade models: a – flat; b – #2; c – #4

Discussion of results

The pressure magnitude of the conventional wiper against the windshield is not regulated by the requirements of FMVSS / UNECE R43 and depends on the geometry of the mechanism (Fig. 1): the location of the rubber blade (3) relative to the axis of the bracket (4) from one side and the spring stiffness (5) – from another side. Existing international studies, as well as the results of our calculations, show that the optimal value of the pressure force applied to the wiper frame (2) by the spring (5 in Fig. 1) is around 20 N. A smaller value may not ensure the sufficient adhesion of the conventional wiper to the glass at the rubber blade edges in extreme operating conditions which we have modeled (model *a* in Fig. 9). The rubber blade has demonstrated a deformation of 1.34 mm in its central part (map *b* in Fig. 8), that is a quite high value compared to the regulatory defined parameter 1 by R43 in Fig. 2 which is 5 mm. At the same time, judging by the R43 regulations requirements of the wiper blade (Fig. 2), the maximum deformation cannot exceed 1.5 mm, since the height of the neck (2) is just 1 mm. Our results confirm the presence of plastic deformations and von Mises stresses over 0.097 MPa at the end of the experiment (map *a* in Fig. 8). Moreover, the frozen state of the rocker arms leads to increased stresses in their axes up to 94.33 MPa (map *c* in Fig. 9), which is a high value relative to the yield point (in the case of brass - only 124 MPa), as well as an increase in the pressure up to 28.9 kPa in the contact spots of the windshield surface (map *b* in Fig. 9), which correspond to the position of the rockers. This value is not critical, but it happens that we accidentally release the spring-loaded wiper and it hits the glass - in this case, the shock loads increase the pressure many times, which will lead to the appearance of cracks at low temperatures!

The further load of the wiper frame was accompanied by an increase in displacements up to 1.82 mm (map *a* in Fig. 11) in critical zones of the rubber blade - under one of those 8 clamps of the rockers (model *a* in Fig. 10). Besides the geometric shape in this area has a "chopped" character, creating thin dirt streams on the glass in real conditions (Fig. 11). These results signal about the necessity to revise the normative Rules of FMVSS / UNECE R43 regarding the limit of maximum pressure on the windshield surface (according to our estimate - no higher than 30-

50 kPa). Since the UNECE Regulations were developed in the era of flat windshields, extreme loads such as those demonstrated in our study (rockers together with the windshield wiper are immobilized) were not considered possible. Today, only Mercedes-Benz G-Class and Tesla Cybertruck models have flat windshields among mass-market cars, but the curvature and area of glass on other cars is constantly increasing with each new generation. Thus, it is not enough to operate only with the stiffness value of the spring (5 in Fig. 1) and the load limit on the wiper frame (for example, 20 N – Fig. 4), since the geometry of the glass and the length of the windshield wiper significantly affect the distribution of pressure on the surface (map *b* in Fig. 9) which is the deciding factor. Among the considered mathematical models for distributed load calculation, Kerr's model was the closest in terms of correspondence to boundary conditions of the natural tests than the mentioned solutions of Winkler or Pasternak, because the conventional windshield wiper actually consists of two elastic layers: a frame with rockers and a rubber wiper with a blade which correlates better with the Kerr's approach. But the problem is that such a transient process like our researched wiper model (immobilized frame pressured to the curved windshield) with the functions $\kappa(x)$ and $w(x)$ cannot be mathematically described by a discrete state used in the Kerr and Pasternak models or other ones. It's impossible to reach such local plastic deformations mathematically as gained using FEA in the Ansys Transient Structural environment (Fig. 11).

The idea of the wiper rubber blade with an additional row of individual brushes located at an angle showed very useful practical results: with the same outlet area A_{outlet}, the wiper blade with brushes #2 (Fig. 12) provided 1.58 times greater v_{max} than that of a classic single-row model #1 (15.61 against 9.861 *m/s*). And even with a 1.73-fold increase in the volume of water when switching from #1 to #4, the velocity values are almost equal – it confirms the effectiveness of the brush design used in #4 (A_{outlet} in #1 is 2.6244 m^2 against 3.5041 m^2 in #4). In fact, the additional individual brushes offered by us act as turbine blades, creating additional centrifugal accelerations of water flows which is clearly visible in the visualization of the volumetric filling of model #3 (Fig. 13). The distribution of the output velocity v_{outlet} along the output plane (red area *b* in Fig. 7) with area A_{outlet} (Fig. 14) coincides with the trend of volumetric analysis described for v_{max} above: v_{outlet} is 15.14 *m/s* for model #2 against 9.562 *m/s* for #1. We can also observe the following trend: the higher the value of Ay (model *a* in Fig. 6), the more distant the water flows at the outlet plane are (models *d, c* in Fig. 12, 14). Thus, the initial idea of a 2-row blade comes true - the first (outer) layer with individual brushes removes dirt, snow and water, and the second finally cleans the surface.

Conclusions

1. According to the conducted research, the pressure value should not exceed 30-50kPa, and the external normal load on the wiper frame created by spring should not be more than 20-30 N. In our case, a conventional wiper blade was deformed by 1.34 mm under a load of 20 N and judging by the R43 conditions (Fig. 2), the maximum deformation value cannot exceed 1.5 mm, since the height of the neck (2) is 1 mm. Local spots of pressure on the glass with a maximum value of 28.9 kPa were obtained and dissipated to zero at the ends of the windshield wiper, where the gap was formed. Such an uneven load distribution significantly reduces the windshield cleaning area (up to 40%) and can create water leaks between the specified spots.

2. In the jamming mode of the rockers (Fig. 4), the maximum von Mises stress of 94.33 MPa – map *c* in Fig. 9) is formed on their axes. It's magnitude is quite high relative to the yield point (124 MPa for brass). In the case of cyclic or shock loads (triggering of the spring), there is a risk of plastic deformation, which actually leads to the next rockers blocking.

3. Despite the linear growth of the load up to a maximum of 20 N within 1 s (Fig. 4), the value of displacements and deformations of the rubber blade in the clamps locations under the rockers (model *a* in Fig. 10) is non-linear (parabola). Moreover, the peak fluctuates over 0.13-

0.39 s (graphs *b,c* in Fig.10) and reaches different values like 0.247 mm for point *c* in Fig. 10, which confirms the non-linearity of the stress-strain characteristic of the blade rubber and the inertia of the spring-loaded wiper frame. Further load of the wiper frame causes plastic deformations under each of those 8 clamps - displacements have increased to more than 1.82 mm (map *a* in Fig. 11), and the geometric shape in this area has a "chopped" character, creating thin dirt streams on the glass in real operating conditions (Fig. 11).

4. None of the analyzed mathematical models (Winkler or Pasternak) can provide the result of local plastic deformation as in the previous conclusion point using FEA (map *a* in Fig. 11). The issue is the models do not consider the transient processes (the same $\kappa(x)$ and $w(x)$ functions should depend of time as well), like Ansys Transient Structural allows this. To be fair, it should be noted that the Kerr model is the most adequate and approximate.

5. It is developed a 2-row blade design with individual brushes (model *a* in Fig. 5). The research has shown that R43 and other Regulations should not dictate the design of the windshield wiper, but regulate the quality and efficiency of glass cleaning.

6. With the same outlet area A_{outlet}, the wiper blade of model #2 demonstrated 1.58 times greater velocity v_{max} than that of a classic single-row model #1 (15.61 against 9.861 *m/s*) – it means our blade design allows a much larger volume of water to pass through in the same amount of time. The distribution of the output velocity v_{outlet} coincides with the trend of volumetric analysis described for v_{max} above: v_{outlet} is 15.14 *m/s* for model #2 against 9.562 *m/s* for #1. This means the designed blade model does not fall in efficiency at the final stage of the release of the consumed water volume.

7. The developed innovative design of the wiper blade has prospects for patent registration and further research involving individually developed AI models for predicting the optimal configuration of the rubber brushes of the second row: their length and thickness, angles of inclination and distance from the main blade as well as the stiffness of the manufacturing material.

Bibliography

1. Kaur, H., Nirmal, U. (2022). *A Review on the Development of Wiper System for Automotive Car Windshield Cleaning Application.* Current Journal of Applied Science and Technology, 41(7), 1–27.
2. Jhung, J., Kim, S. (2021). *Behind-The-Scenes (BTS): Wiper-Occlusion Canceling for Advanced Driver Assistance Systems in Adverse Rain Environments*. Sensors. 21. 8081, 1-21.
3. Graham, B., Knowles, J., Mavros, G. (2023). *The influence of contact distribution shaping on the dynamic response of a wiper blade.* Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. 2023;0(0).
4. Graham, B., Knowles, J., Mavros, G. (2023). *Quantitative Multi-Physics Tools for Automotive Wiper Design*. SAE Technical Paper 2023-01-0602.
5. Antonescu, O., Valeanu, D., Antonescu, D., Strimbeanu, M. (2023). *Contributions to the Geometric Synthesis of the Windshield Wiper Mechanism with Rocker-Slider Blade. In: Okada, M. (eds) Advances in Mechanism and Machine Science.* IFToMM WC 2023. Mechanisms and Machine Science, vol 149. Springer, Cham.
6. Sharveswaran, A., Nirmal, U. (2020). *Research Development on Wiper Mechanism in Automotive Application: A Critical Review*. Current Journal of Applied Science and Technology, 39(35), 133–161.
7. Li, Y., Xu, J. (2022). *Dynamic characteristics and generation mechanism of windshield frameless wiper blade oscillations*. Nonlinear Dyn 111, 3053–3079.0
8. Yang, X., Wang, Y., Guo, H., Yuan, T., Zheng, L., Sun, P. (2022). *A theoretical analysis of friction and vibration characteristics of wiper reversal process*.

Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. 2023;237(6):1327-1337.

9. Zhao, Z., Yabuno, H., Kamiyama, K. (2022). *Dynamic Analysis of a Wiper Blade in Consideration of Attack Angle and Clarification of the Jumping Phenomenon*. Applied Sciences 12, no. 9: 4112.
10. Salleh, I., Z. Md Zain, M., R. Abu Bakar, A. (2018). *Contact Force and Dynamic Behavior of Automobile Wiper Blade System.* International Journal of Engineering & Technology, 7(3.17), 100–103.
11. Roland, A., Wejin, J., Misra, S., Sharma, M.M., Damaševičius, R., Maskeliūnas, R. (2022). *A Dynamic Rain Detecting Car Wiper*. *Intelligent Systems Design and Applications. ISDA* 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 418. Springer, Cham.
12. Akanni, J., Ojo, A., Abdulwahab, A., Isa, A., Ogunbiyi, O. (2022). *Development and Implementation of a Prototype Automatic Rain-Sensor Car Wiper System.* Journal of Applied Sciences and Environmental Management. Vol. 26 No. 11, 1821-1826.
13. Shivani, Y., Rai, A., Gupta, D., Sonam, K., Sonam, K. (2021). *Automatic Rain Sensing Wiper using Arduino.* International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. 9. 5434-5438.
14. Chen, T., Hong, Y. (2020). *Mathematical Formulae for the Vibration Frequencies of Rubber Wiper on Windshield, arXiv:* Popular Physics 1-18.

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE DIGITAL TECHNOLOGIES IN MANUFACTURING

Horbatiuk Ye., Volianyk O.
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

Abstract. The paper explores the current state and future prospects of innovative digital technologies in manufacturing, emphasizing their pivotal role in achieving sustainable development goals, digitalization, data processing, and artificial intelligence (AI) application. By analyzing trends and emerging directions in modern production, the study aims to align manufacturing practices with sustainable development objectives, integrate high technologies, AI, and enhance overall digitalization across all production stages.

Anticipating the industry's trajectory toward 2030, pivotal trends are identified, including demographic shifts, sustainability imperatives, and technological advancements. As the sector transitions to more sustainable models, digital technologies are poised to play a central role, shaping responsible manufacturing practices and meeting evolving consumer, employee, and regulatory expectations.

The projected advancements in key technologies, such as semiconductor chips, data processing capabilities, and AI systems, present significant opportunities for manufacturers to boost efficiency, competitiveness, and innovation. However, these advancements also necessitate a reevaluation of workforce skills, organizational structures, and human-machine interactions to fully harness the potential of digitalization.

Furthermore, the paper underscores the importance of collaboration between humans and machines, effective data management, ethical AI deployment, and global coordination in manufacturing processes amidst constant change. Highlighting the five technological pillars—electronics, computer systems, software, communications technologies, and cyber infrastructure—the study outlines how advancements in these areas will drive human-machine interaction, automation, and transformative manufacturing practices.

Overall, the adoption of digital technologies promises substantial economic benefits, sustainability gains, and job creation opportunities in manufacturing. The paper concludes by emphasizing the critical role of strategic decision-making, workforce upskilling, innovation prioritization, and ecosystem integration in realizing the full potential of Industry 4.0 technologies for sustainable and competitive manufacturing ecosystems.

Keywords: digital technologies, manufacturing, sustainable development, Industry 4.0, artificial intelligence.

Introduction

Looking back over the past decade, it is safe to assume that industry, especially the machine building sector, has gone through significant changes and is now experiencing one of the most important periods in its 300-year history. Today's production facilities bear little resemblance to their predecessors that existed only a decade ago. They are now highly automated, integrated, constantly monitored, and exchange numerous data and operational instructions using the latest digital tools. The management of manufacturing plants has also evolved, with decision-making at all levels becoming increasingly data-driven. Production lines have become smarter and more interdependent, traditional vertical structures are increasingly being replaced by more horizontal and integrated ones, and former rigid hierarchical organizations are gradually changing to more decentralized, flexible, high-value-added production chain ecosystems.

Considering the expected changes in the industry as we approach 2030 [1], there are several key trends that will reorient almost every manufacturing company in the near future. These trends will affect decision-making processes ranging from investments in factories and plants to product selection, target markets, supply chain organization, and employee engagement strategies. Changes in population growth rates, especially in industrialized

countries, are an important factor. By 2030, the number of middle-class people with purchasing power in regions such as the United States, the Eurozone, and Japan is expected to grow at a slow pace of about 0.5%, which is in stark contrast to the significant growth of six percent or more in China and India. Investment in modern skills, innovation and digital infrastructure will be important in determining the location of high-tech industry centers.

Sustainability is increasingly becoming a crucial factor in determining competitive success by 2030. Most industrial leaders already recognize the industry's unique responsibility to become more sustainable. This involves a rapid transition to an organizational form where materials, production processes, energy use, and product life cycles are aligned (fig. 1) with sustainable development goals [2]. The role of digital technologies will be key in achieving this transformation, contributing to the reputation of responsible manufacturing, meeting the growing expectations of customers, employees and investors, and in line with the growing number of global regulations expected in the coming years.



Fig. 1. Sustainable development goals [2]

Without a doubt, the expected progress in key technologies, which will contribute to the rapid digitalization of the industrial sector, opens up huge opportunities for both existing and new manufacturers to improve efficiency and competitiveness. It is predicted [3] that by 2030, a trillion transistors will be installed on semiconductor chips, data volumes will grow by 200-500% over the next few years, and quantum and nanocomputer technologies will significantly increase data processing speeds. Future 6G networks will support terabytes per second data transfer speeds, and increasingly sophisticated artificial intelligence systems will transform huge amounts of data into meaningful analytical insights using various means. The industry must be prepared for the widespread use of these developments.

The future impact of these combined trends on the workforce, and in particular on workers, is likely to be significant. There will be a demand for new skills needed to use, operate, manage and benefit from new technologies. Redefining the relationship between humans and machines will be critical at all levels of the organization to effectively leverage advanced technologies for personal and corporate development. Leadership teams must develop digital competence to master the vast amounts of data available and harness the exponentially growing digital power to create innovative business models and deliver compelling customer experiences.

Recent advances in technology and tools indicate that they will be key to realizing a successful digital transformation over the next decade. Technology education, empowering employees, prioritizing innovation and agility at all levels, and creating a broad, responsive, inclusive, and unified ecosystem will be essential.

One of the key aspects to be considered in order to achieve the Sustainable Development Goals is to understand the effective cooperation between humans and machines, manage the huge flow of data expected in the coming years, decide what should be fully automated and what should not, develop ethical standards for advanced intelligent systems such as artificial intelligence, and align production needs at the national and global level in the face of constant change.

The digitalization of manufacturing, which encompasses key aspects from individual operations to machines, supply chains, and manufacturing ecosystems, is based on five technological pillars: electronics, computer systems, software, communications technologies, and cyber infrastructure. Advances in these technologies over the next decade and beyond will drive the development of human-machine interaction, automation and robotics, and autonomous operations. These advances will improve processes and products, open up new business opportunities, provide pathways to environmental sustainability, and revolutionize manufacturing practices.

Manufacturers will reap the economic benefits of increased productivity, accuracy, efficiency, innovation, and speed, from the factory floor to supply chains and manufacturing ecosystems. In essence, these conditions create the basis for increased competitiveness, sustainable development, and the creation of high-tech jobs. The outlook for the future opportunities of these technologies is extremely positive. According to Allied Market Research, the global digital manufacturing market is expected to reach $1370.3 billion by 2030, up from $276.5 billion in 2020, with a CAGR of 16.5% between 2021 and 2030 [4].

Moreover, the rate of adoption may exceed that of previous generations of technologies. For example, the process of digitalization of production, which involves the transition to digital forms of data and operating systems, has been going on for more than 40 years. In comparison, the time between the invention of the Internet and its implementation on the scale of communication technologies and cyber infrastructure was approximately 20 years. During this same period, data management and computing capabilities have expanded significantly. The technological foundations of digitalization are expected to develop exponentially over the next 10 years.

At the electronics level, the performance curve of semiconductors used in industry is often discussed in the context of Moore's Law. Intel predicts that by 2030, one trillion transistors will be placed on a single chip, which is needed to process the exponentially increasing amounts of data expected from the growing connectivity between physical objects and people in manufacturing ecosystems. Manufacturers expect a significant increase in data volumes, with MLC research showing an expected increase of 200% to 500% within a few years [5].

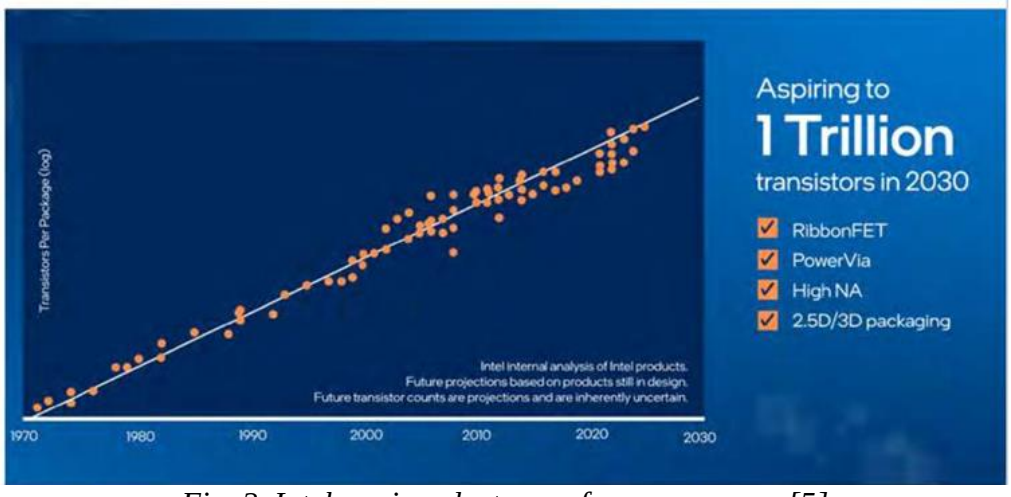


Fig. 2. Intel semiconductor performance curve [5]

As the semiconductor industry grows, so will computer systems. Quantum and nanocomputing are the latest developments that manufacturers should consider, as they have the potential to increase computing power. In particular, traditional computers are expected to become lighter, thinner, and more flexible, and non-standard interfaces such as voice recognition will be actively developed. In the field of communication technologies, 5G networks are expected to spread, providing higher bandwidth and lower latency. The next generation of cellular technology, 6G, which will be available by 2030, is predicted to provide data transfer speeds of one terabyte per second, which will improve image processing, virtual presence, and location technologies.

Improvements in software will lead to the unprecedented development of the next generation of applications that support voice control, augmented and virtual reality. These applications will increasingly use artificial intelligence to support innovation, so it is important to make extensive use of open-source software that can be found online and data sets to accelerate this process.

Strategic decision-making for manufacturers is increasingly linked to the choice of enterprise software architecture and the use of cyber infrastructure. Developed over the past two decades, cyber infrastructure allows for the separation of computer and information resources from their physical sources and methods of use. Cloud computing is an important part of this process, and the integration of on-premises and cloud capabilities with business and technology tools will impact data availability, drive innovation, and shape operating models for business growth.

Artificial intelligence (AI) is becoming a key technology for the future of manufacturing. It is expected that AI will be implemented in various applications and systems in all production processes, ranging from software systems in the factory to robotic systems that help with material assembly and movement, design, modeling, customer interaction, supply chain, and logistics. The potential of AI lies in its ability to recognize, model, predict, and optimize situations, operating conditions, and material properties for both human and machine actions.

AI experts are considering the various roles and factors that can help accelerate its adoption in industry. They have identified three main priorities, each of which is associated with the development of specific applications and datasets: managing assets in production, enabling interactions between assets in factories and supply chains, and promoting logistics sustainability. These priorities are aimed at solving a variety of problems, such as production planning, optimizing energy and material costs, performing preventive and predictive maintenance, and improving production quality.

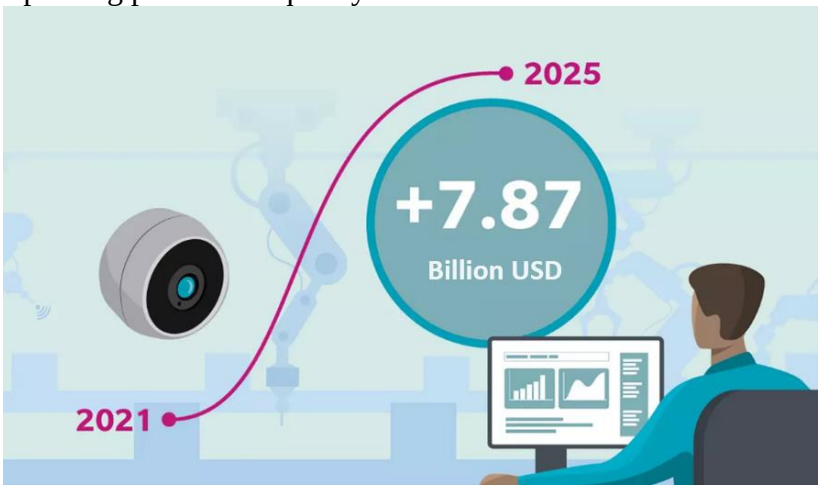


Fig. 3. Projected growth of AI capitalization by 2025 []

Asset management uses industry data and knowledge to create software models to optimize the performance of factory units. However, many manufacturers face a lack of data to draw effective conclusions. Interoperability expands asset management capabilities by sharing assets to improve productivity and efficiency of operations. Supply chain sustainability depends on process transparency and business data analysis, which allows for quick response to any disruptions.

Overall strategies for product safety, environmental sustainability, and decarbonization are implemented through industry supply chains and ecosystem applications. Interoperability is key to these areas, and AI is playing a big role in their implementation, providing significant business relief.

The question of whether the benefits of AI will become widespread is crucial. Widespread adoption of AI requires scaling of processed data and machine learning at the corporate and production levels. Integration of operational and business technologies with privacy and security in mind is critical for successful data exchange in high-tech manufacturing.

An important aspect of progress in manufacturing is a deep understanding of the Industry 4.0 concept, which has been developing over the past decades and creates the preconditions for the transition to the fifth stage of the industrial revolution. Various technologies and methods can be used to implement the measures envisaged by the Industry 4.0 concept in modern industrial production. According to research [8], there are a number of technologies that contribute to the implementation of the concept in the industrial context: Industrial Internet of Things, additive manufacturing, augmented reality, virtual design, horizontal/vertical process integration, cloud technologies, blockchain, cybersecurity, big data, and analytics.

The Industrial Internet of Things (IIoT) is recognized for its reliable connection between the digital and physical worlds. The technology was initially implemented through uniquely identified connected objects using radio frequency identification (RFID). Over time, other technologies have been added to the IIoT, such as sensors, GPS, mobile devices operating via Wi-Fi, Bluetooth, cellular networks, etc. Important elements for the IIoT are barcodes, smartphones, location-based services, service-oriented architecture (SOA), short-range short-wave communications, and integrated industrial computer networks.

Virtual computer-aided design plays an important role in manufacturing, providing integration with physical networks of objects and devices. The production process control system is based on smart devices that integrate equipment, organizational and information systems for data sharing, real-time monitoring and data transfer.

Cloud computing is characterized by the significant amount of data generated by these facility management systems, and it is extremely important and promising. This computing technology offers high performance and efficiency at a low cost. Increasing amounts of data can be easily uploaded to a cloud computing center for storage and processing, which helps to facilitate the maintenance process for operators and reduce production costs. Cloud manufacturing is a dynamic technology that can make a significant contribution to the realization of the Industry 4.0 concept.

Blockchain, in turn, provides the basic structure of a database by connecting data blocks into chains of hashes. It is characterized by a synchronization protocol that allows the blockchain to be constantly updated when new transactions are added. When a new transaction is added to the block, all copies of the blockchain located on other distributed nodes must be updated synchronously. Depending on the specific application, different synchronization protocols can be used to meet security and efficiency requirements. The blockchain is characterized by high information security, thanks to the mathematical principles of asymmetric cryptography, which allows users to enter into transactions with partners even if they do not

know each other. It can be integrated with programmable smart contracts, which guarantees reliable and automatic execution of the specified logic thanks to secure encryption.

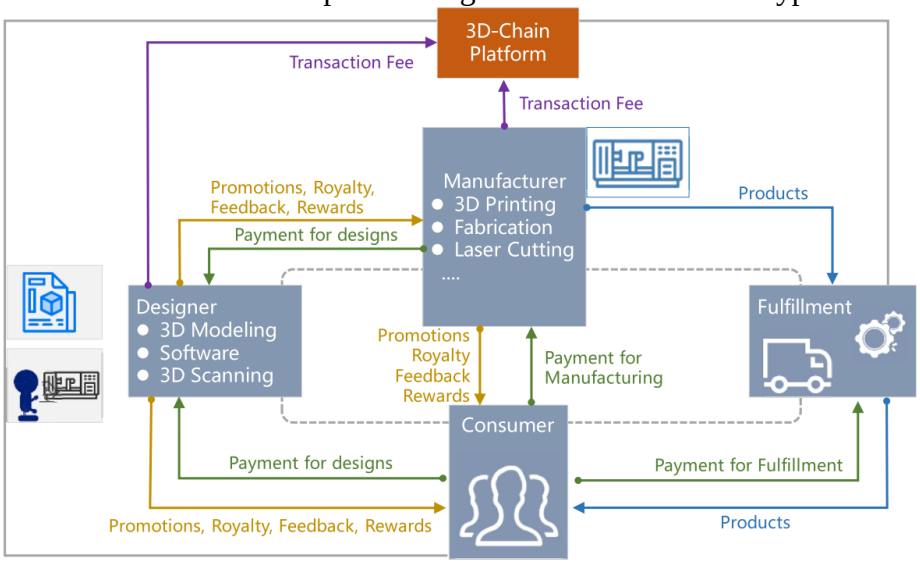


Fig. 4. Workflow of the global blockchain-based manufacturing ecosystem [9]

From a production system perspective, blockchain can be seen as a tool to manage existing production information systems. From a management perspective, blockchain can serve as a tool for collaborative product lifecycle management to create a single database for information exchange.

In many existing industrial production facilities, the information and communication technology infrastructure is not yet ready for a full-fledged digital transformation within Industry 4.0, especially in terms of process integration - horizontal, vertical and cross-cutting. In addition, the Internet of Things (IoT) is a complex heterogeneous network that includes interaction between different types of networks using different communication technologies, which can lead to significant material costs.

Conclusion

The modern manufacturing industry is going through one of the most significant periods of change in its history, driven by the development of digital technologies, growing social responsibility for sustainable development, globalization, and a revision of market geography. In the near future, the industry should be ready for the widespread use of advanced technologies such as semiconductor chips, quantum and nanocomputers, 6G networks, artificial intelligence, augmented and virtual reality, cloud technologies and the corresponding cyber infrastructure. These technologies will allow businesses to increase productivity, accuracy and efficiency in all production processes, as well as create sustainable and integrated ecosystems. At the same time, manufacturers need to develop new skills, establish human-machine interaction, including through education, implement processes for processing and using big data for decision-making, adhere to ethical standards, and take into account global sustainable development goals.

The new digital technologies of Industry 4.0 are opening up opportunities to increase productivity, efficiency, and diversity in current mass production lines. They make it easier to manufacture a variety of products on the same assembly system. Robotization, virtual reality, as well as additive manufacturing and 3D printing, increase productivity and save a significant amount of labor. It is likely that these technologies will transform specialized assembly systems into virtually controlled by artificial intelligence production facilities. Over time, more and more manual operations will be automated. However, the need for specialized engineers to maintain and operate industrial facilities is growing and will continue to grow. At the same

time, the requirements for the qualifications of engineers are growing, which, in turn, will lead to an increase in demand for modern engineering education.

Bibliography

1. Next Phase of Digital Evolution. Manufacturing Leadership Journal. 2021.
2. The 2030 Agenda for Sustainable Development. Poriadok dennyi u sferi staloho rozvytku do 2030 roku. URL: https://www.undp.org/uk/ukraine/publications/перетворення-нашого-світу-порядок-денний-у-сфері-сталого-розвитку-до-2030-року.
3. Brousell D. R. Pedal to the Metal. Transformative Technologies, 10.2021.
4. Digital Manufacturing Market Expected to Reach $1.30 Trillion by 2030. URL: https://www. alliedmarketresearch.com/press-release/digital-manufacturing-market.html.
5. Kelleher A. B. Celebrating 75 years of the transistor. A look at the evolution of Moore's Law innovation. 2022 International Electron Devices Meeting (IEDM). IEEE, 2022.
6. Masanet E. et al. Recalibrating global data center energy-use estimates. Science. 2020. Vol. 367. P. 984–986.
7. IBM press release, IBM Unveils World's First 2-Nanometer Chip Technology, Opening a New Frontier for Semiconductors, 05.2021.
8. Rüßmann M, Lorenz M, Gerbert P, Waldner M, Justus J, Engel P, Harnisch M (2015) Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries.
9. Zareiyan B, Korjani M. Blockchain technology for global decentralized manufacturing: challenges and solutions for supply chain in fourth industrial revolution. Int J Adv Robot Autom 2018;
10. AMS, NIST. Towards Resilient Manufacturing Ecosystems Through Artificial Intelligence – Symposium Report, 2022.
11. Mindell D. A., Reynolds E. The Work of the Future: Shaping Technology and Institutions, MIT, 2019.

MODELING THE MOVEMENT OF ROBOTS FOR APPLYING POLYMER COATINGS

Horiashchenko S.[1], Musial J.[2], Synyuk O.[1], Pasichnyk A.[1]
[1] Khmelnitskiy National University, Ukraine
[2] Kazimierz Wielki University, Poland

Abstract. Robotic painting systems feature advanced technology designed to meet the demanding requirements of polymer painting. These systems typically consist of robotic arms equipped with specialized paint applicators, such as spray guns or electrostatic applicators. They are integrated with sophisticated control software to ensure precise movement and coating thickness.
Robotic painting systems offer flexibility and adaptability to accommodate various polymer shapes, sizes, and geometries. Advanced robotic arms can maneuver in complex trajectories to reach every corner and contour of the surface, ensuring complete coverage and uniformity. Additionally, these systems can be easily reprogrammed to adapt to changes in production requirements or product designs
The model of the robotic system for applying polymer coatings was developed. The model is created in a software environment SolidWorks.
In order to use the Lagrange-Euler equation, it is necessary to select a generalized coordinate system. Generalized coordinates are a set of coordinates that provide a complete description of the position of the physical system under consideration in the absolute coordinate system.
We can visualize this result by plotting the matrix elements as a 3D surface plot. We can do it in Python using Matplotlib.To plot the elements of the resulting matrix as a 3D surface, we first need to prepare our data. In this case, our data is the matrix. If the position of the manipulator in absolute space is determined by matrix B, and a tool is fixed in the manipulator's sprayer, the position of which in the sprayer's coordinate system is determined by matrix H, then the position of the tool's working unit relative to the absolute coordinate system is given by the product of matrices B, 0T0 and H. We got: ${}^{ans}T_{sprayer} = B\ {}^{0}T_{6}H$. The solution of the direct problem of kinematics for a six-link manipulator is the calculation of T=0A6 with the help of successive multiplication of six i-1Ai matrices. The solution of this problem leads to a unique matrix T for the given $q = (q_1, q_2, \ldots, q_6)^T$ and fixed coordinate systems, where $q_i = \theta_i$ for the rotary joint and $q_i = d_i$ for the translational joint.
Robots have emerged as indispensable tools for painting polymer surfaces, offering unparalleled precision, efficiency, and flexibility. These robotic systems not only elevate the quality and consistency of surface coatings but also enhance productivity and safety in industrial painting operations. As the polymer industry continues to evolve, robotic painting technology will undoubtedly play a central role in shaping its future.
We have explored the mathematical framework governing the motion of manipulators with rotational and translational joints using the Lagrange-Euler method. By defining generalized coordinates and transformation matrices, we derived equations describing the relationships between joint angles, joint displacements, and the spatial position of the manipulator's end effector.
We illustrated how to calculate the effect of joint rotation on the manipulator's motion and visualized the results using a 3D. This visualization provided insights into the behavior of the manipulator and highlighted the importance of understanding the kinematics of robotic systems and mathematical modeling gives paving the way for advancements in robotic design and automation. Future research could extend this framework to more complex manipulator geometries and investigate control strategies for achieving desired end-effector trajectories.
Keywords: robot, modeling, polymer coatings, model, visualization.

Introduction

Robotic painting systems have revolutionized the polymer industry, offering precision, efficiency, and consistency in surface coating applications.

Robotic painting systems feature advanced technology designed to meet the demanding requirements of polymer painting. These systems typically consist of robotic arms equipped with specialized paint applicators, such as spray guns or electrostatic applicators. They are

integrated with sophisticated control software to ensure precise movement and coating thickness.

One of the primary advantages of robotic painting systems is their unparalleled precision and consistency. Robots can precisely control factors such as paint flow rate, spray pattern, and distance from the surface, resulting in uniform and flawless coating thickness across polymer surfaces. This level of precision is crucial for ensuring product quality and meeting strict industry standards [1].

These robots can operate continuously without fatigue or variation in performance, leading to faster cycle times and increased throughput. Moreover, robotic systems can be programmed to optimize paint usage, reducing waste and minimizing environmental impact.

Robotic painting systems offer flexibility and adaptability to accommodate various polymer shapes, sizes, and geometries. Advanced robotic arms can maneuver in complex trajectories to reach every corner and contour of the surface, ensuring complete coverage and uniformity. Additionally, these systems can be easily reprogrammed to adapt to changes in production requirements or product designs.

Systems incorporate advanced sensors and monitoring devices for real-time quality control and safety. These systems can detect defects, such as drips or uneven coating, and make adjustments on the fly to maintain optimal painting conditions. Furthermore, robots enhance workplace safety by minimizing exposure of human operators to hazardous painting environments. It is significantly enhance efficiency and productivity in polymer painting processes.

Spray Painting Robots: These robots utilize spray guns to apply paint or dye onto surfaces. They are highly versatile and can be programmed to adjust spray patterns, flow rates, and other parameters to achieve the desired coating thickness and finish.

Electrostatic Painting Robots: Electrostatic painting robots apply a charged coating to the surface, which creates a more uniform and adhesive finish. They are often used for painting complex shapes and can reduce overspray and paint waste.

Robotic Airbrush Systems: These systems use airbrush technology to apply fine, detailed coatings onto surfaces. They are suitable for intricate designs and can achieve high levels of precision.

Robot Spray painting arm is a painting process in which spray painting is done by the robot arm to reduce the human load. Robotic spray painting arms have been used for many years in automotive spray painting applications. Early versions of robotic spray painting are hydraulic, which are of inferior quality and safety when compared to the latest electronics offerings, but are still in use by many industries today [2-4].

Modern robotic spray painting arm selection differs much more in size and payload to reach many painting items of all sizes Spray painting robots originally have five to six axis movements, they have up to three also for applicator orientation but not for base movement.

The robot can accurately control the spraying angle, speed and flow intensity for complete and consistent coverage over complex surfaces. Robotmaster simulates coverage using spray parameters to automate the programming of optimized paths, ensuring precise coverage over all surfaces with minimal effort. Robotic spray painting arms are mostly used by car manufacturers to do their car detail work in a systematic way. Some of this robot spray paint have arms that move vertically and horizontally and allow you to spray paint on all parts of the car from all directions.

Fig. 1-3 shows modern variants of industrial robots for applying polymer coatings.



Fig.1. Advantages for robot painting and spray-coating applications



Fig.2. Autonomous painting robot Okibo in a construction site

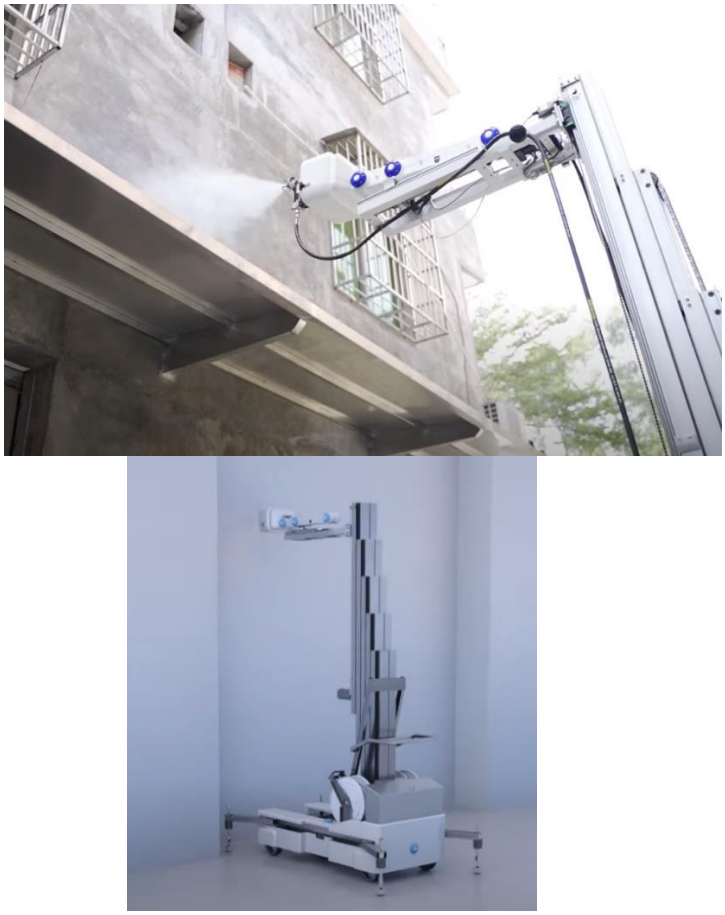


Fig.3. Data Fountain - AI Autonomous Wall Painting and Plastering Robot

The analysis of coating robots showed the peculiarities of this process: the end of the manipulator has more weight, due to the presence of a mechanism for spraying, and the spraying process itself creates a negative force, which can lead to a violation of the position of the robot's links [5-8].

There are several software applications available for modeling and simulating robot spray-coating processes. Here are a few popular options:

1) RoboDK is a powerful simulation software that allows users to simulate and program industrial robots for various applications, including spray-coating. It supports a wide range of robot brands and models, making it versatile for different manufacturing environments.

2) Developed by ABB Robotics, RobotStudio is a comprehensive simulation and offline programming software for ABB robots. It offers advanced features for modeling spray-coating processes, optimizing robot trajectories, and simulating coating application parameters.

3) Siemens' Process Simulate software enables users to simulate and optimize manufacturing processes, including robotic spray-coating. It provides tools for virtual commissioning, process validation, and optimization, helping users reduce errors and improve efficiency.

4) VirtualPaint is a specialized software solution designed specifically for simulating spray-painting processes. It offers realistic 3D simulation environments, accurate paint dispersion modeling, and comprehensive analysis tools for evaluating coating quality and performance.

5) PaintPRO, developed by Dürr, is a simulation software tailored for spray-painting applications in the automotive industry. It allows users to simulate the entire painting process,

from surface preparation to final coating, and provides insights into paint consumption, cycle times, and quality metrics.

The model of the robotic system for applying polymer coatings is shown in Fig. 4. The model is created in a software environment SolidWorks.

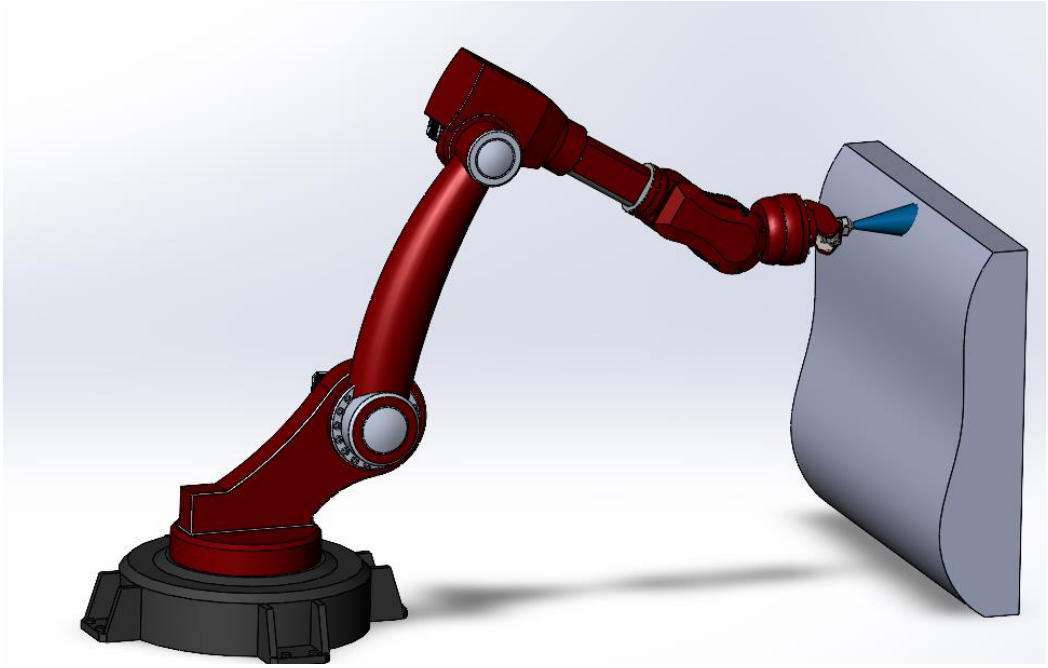


Fig. 4. Model of a robotic system for applying polymer

Homogeneous matrix ${}^0T_i$, which determines the position of the i-th coordinate system relative to the base coordinate system, is the product of a sequence of homogeneous transformation matrices i-1Ai and has the form [9]:

$$ {}^0\mathrm{T}_i = {}^0\mathrm{A}_i\,{}^1\mathrm{A}_i \ldots {}^{i-1}\mathrm{A}_i = \prod_{j=1}^{i} {}^{j-1}A_j = \begin{bmatrix} x_i & y_i & z_i & p_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^0R_i & {}^0p_i \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ for } i=1, 2, \ldots, n, \quad (1) $$

where is the matrix $\begin{bmatrix} x_i & y_i & z_i \end{bmatrix}$ that determines the orientation of the i-th coordinate system associated with the i-th link with respect to the base coordinate system. This is the upper left submatrix ${}^0T_i$,, which has a dimension of 3x3.

pi is a vector connecting the origin of the base coordinate system with the origin of the i-th coordinate system. This is the upper right submatrix of the matrix ${}^0T_i$, and has a dimension of 3x1. In particular, for i=6 we obtain a matrix $T = {}^0A_0$ that specifies the position and orientation of the manipulator's grip relative to the base coordinate system. This matrix is often used to describe the kinematics of a manipulator. It is called the “manipulator matrix”.

Let us assume that the matrix T has the following form [9]:

$$ \mathrm{T} = \begin{bmatrix} x_6 & y_6 & z_6 & p_6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^0R_6 & {}^0p_6 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & s & a & p \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_x & S_x & a_x & p_x \\ n_y & S_y & a_y & p_y \\ n_z & S_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2) $$

where n is the normal vector to the sprayer. In the case of plane-parallel movement of the fingers, this vector is perpendicular to the fingers of the manipulator;

s – tangent vector of the sprayer. It lies in the plane of movement of the fingers and indicates the direction of movement of the fingers during opening or closing of the grip;

a is the sprayer approach vector. It is directed normal to the gripper's palm (i.e. perpendicular to the plane of attachment of the tool in the gripper);

p - sprayer position vector. This vector is directed from the origin of the base coordinate system to the origin of the gripper coordinate system, which, as a rule, is located at the point that is the geometric center of the fully clenched fingers.

If the position of the manipulator in absolute space is determined by matrix B, and a tool is fixed in the manipulator's sprayer, the position of which in the sprayer's coordinate system is determined by matrix H, then the position of the tool's working unit relative to the absolute coordinate system is given by the product of matrices B, ${}^0T_0$ and H, i.e.

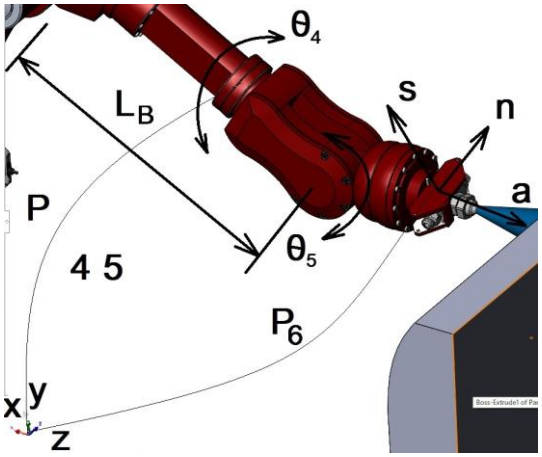


Fig. 5. Coordinate system of sprayer

$$^{ans}T_{sprayer} = B\ {}^0T_6H. \tag{3}$$

At the same time, H ≡ ${}^6A_{sprayer}$, B ≡ $^{ans}A_0$.

The solution of the direct problem of kinematics for a six-link manipulator is the calculation of T=${}^0A_6$ with the help of successive multiplication of six i-${}^1A_i$ matrices. The solution of this problem leads to a unique matrix T for the given $q = (q_1, q_2, \ldots, q_6)^T$ and fixed coordinate systems, where $q_i = \theta_i$ for the rotary joint and $q_i = d_i$ for the translational joint. Restrictions are determined only by the physical limits of the change in $\theta_i$for each joint of the manipulator.

The matrix T of the manipulator has the form [9]:

$$T = {}^0A_1{}^1A_2{}^2A_3{}^3A_4{}^4A_5{}^5A_6=\begin{bmatrix} n_x & S_x & a_x & p_x \\ n_y & S_y & a_y & p_y \\ n_z & S_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \tag{4}$$

Where

$$n_x = C_1[C_{23}(C_4C_5C_6 - S_4S_6) - S_{23}S_5C_6] - S_1(S_4C_5C_6 + C_4S_6);$$
$$n_y = S_1[C_{23}(C_4C_5C_6 - S_4S_6) - S_{23}S_5C_6] + C_1(S_4C_5C_6 + C_4S_6);$$
$$n_x = -S_{23}[C_4C_5C_6 - S_4S_6] - C_{23}S_5S_6); \tag{5}$$

$$S_x = C_1[-C_{23}(C_4C_5S_6 + S_4C_6) + S_{23}S_5S_6] - S_1(-S_4C_5S_6 + C_4C_6);$$
$$S_y = S_1[-C_{23}(C_4C_5C_6 + S_4C_6) + S_{23}S_5S_6] + C_1(-S_4C_5S_6 + C_4C_6);$$
$$S_z = S_{23}[C_4C_5S_6 + S_4C_6] + C_{23}S_5S_6); \tag{6}$$

$$a_x = C_1(C_{23}C_4S_5 + S_{23}C_5) - S_1S_4S_5;$$
$$a_y = S_1(C_{23}C_4S_5 + S_{23}C_5) + C_1S_4S_5;$$
$$a_z = -S_{23}C_4C_5 + C_{23}C_5; \quad (7)$$

$$p_x = C_1[d_6(C_{23}C_4S_5 + S_{23}C_5) + S_{23}d_4 + a_3C_{23} + a_2C_2] - S_1(d_6S_4S_5 + d_2);$$
$$p_y = S_1[d_6(C_{23}C_4S_5 + S_{23}C_5) + S_{24}d_4 + a_3C_{23} + a_2C_2] + C_1(d_6S_4S_5 + d_2);$$
$$p_z = d_6(C_{23}C_5 - S_{23}C_4S_5) + C_{23}d_4 - a_3S_{23} - a_2S_2. \quad (8)$$

A complete description of the motion of the manipulator can be obtained by applying the Lagrange-Euler method for non-conservative systems. By describing the kinematics of the manipulator using the Denavit-Hartenberg matrix representation, we can obtain the dynamics equation. This combined use of the D-X representation and the Lagrange method leads to a compact vector-mathematical form of the equations of motion, convenient for analytical research and can be implemented on a computer.

The derivation of the equations for the dynamics of motion of the manipulator is based on the following:

1. On the description of the relative spatial arrangement of the coordinate systems of the i-th and (i-1)-th links using the homogeneous coordinate transformation matrix ${}^{i-1}A_i$. This matrix transforms the coordinates of an arbitrary point relative to the i-th coordinate system of the same point relative to the (i-1)-th coordinate system.

2. Using the Lagrange-Euler equation [9, 10]:

$$\frac{d}{dt}\left[\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}\right] - \frac{\partial L}{\partial q_i} = \tau_i \; ; \quad i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (9)$$

where Lagrange L-function (L=K-P);

K is the total kinetic energy of the manipulator;

P - total potential energy of the manipulator

q_i-generalized coordinates of the manipulator;

$\dot{q}_i$ -the first derivative with respect to time of generalized coordinates;

τ_i-generalized forces (or moments) created in the i-th joint to implement the given movement of the i-th link.

In order to use the Lagrange-Euler equation, it is necessary to select a generalized coordinate system. Generalized coordinates are a set of coordinates that provide a complete description of the position of the physical system under consideration in the absolute coordinate system. There are various generalized coordinate systems suitable for describing a simple manipulator with rotational and translational joints. However, since the angles of rotation at the joints are directly measurable using potentiometers or other sensors, they constitute the most natural system of generalized coordinates. In this case, the generalized coordinates coincide with the attached manipulator variables. In particular, if the i-th joint is rotational, then $q_i \equiv \theta_i$, if the i-th joint is translational, then $q_i \equiv d_i$.

Consider an arbitrary point stationary relative to the i-th link and defined in the coordinate system of the i-th link by homogeneous coordinates ${}^{i}r_i$ (Fig. 6):

$${}^{i}r_i = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \\ 1 \end{bmatrix} = (x_i, y_i, z_i, 1)^T. \quad (10)$$

Let us denote by the ${}^{0}r_i$ coordinates of the same point relative to the base coordinate system. The matrix ${}^{i-1}A_i$ denotes the matrix of transformation of homogeneous coordinates, which defines the spatial position of the coordinate system of the i-th link relative to the

coordinate system of the (i-1)-th link, and ${}^0A_i$- the matrix defining the relationship between the coordinate system of the i-th link and the base coordinate system.

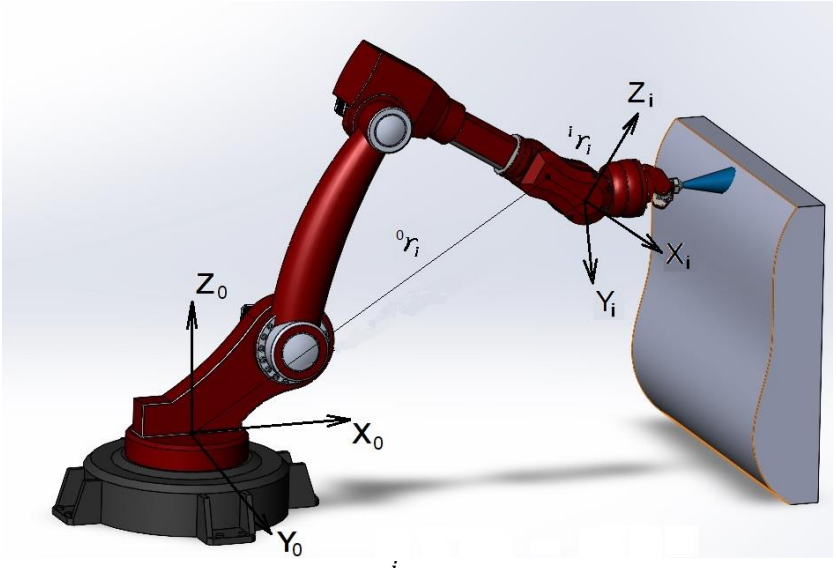


Fig.6. Point ${}^ir_i$ of the i-th joint

Then the connection between ${}^0r_i$ and ${}^ir_i$ is determined by the relation

$$ {}^0r_i = {}^0A_i \ {}^ir_i \ , \tag{11}$$

where

$$. \ {}^0A_i = {}^0A_1 \ {}^1A_2 .. {}^{i-1}A_i \tag{12}$$

If the i-th joint is rotational, then the matrix ${}^{i-1}A_i$has the form:

$$ {}^{i-1}A_i = \begin{bmatrix} cos\theta_i & cos\alpha_i sin\theta_i & sin\alpha_i sin\theta_i & \alpha_i cos\theta_i \\ sin\theta_i & cos\alpha_i cos\theta_i & -sin\alpha_i cos\theta_i & \alpha_i sin\theta_i \\ 0 & sin\alpha_i & cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \tag{13}$$

If the i-th joint is translational, then the matrix ${}^{i-1}A_i$ has the form [9, 11]:

$$ {}^{i-1}A_i = \begin{bmatrix} cos\theta_i & -cos\alpha_i sin\theta_i & sin\alpha_i sin\theta_i & 0 \\ sin\theta_i & cos\alpha_i cos\theta_i & -sin\alpha_i cos\theta_i & 0 \\ 0 & sin\alpha_i & cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \tag{14}$$

In general, all non-zero elements of the matrix ${}^0A_i$ are functions of the quantities θ_j, d_j, α_j and $a_j (j = 1, 2, \dots, i)$, and depending on the type of the j-th articulation, either θ_j or d_j represents an attached variable of this articulation, and the other quantities are known (specified by the manipulator design). In the derivation of the equations of motion, both rotational and translational, the generalised coordinates q_i, $q_i \equiv \theta_i$, , if the i-th articulation is rotational and $q_i \equiv d_i$, if the i-th articulation is translational are used [9, 11].

The velocity of the point ${}^ir_i$ relative to the base coordinate system (at ${}^i\dot{r}_i = 0$):

$$ {}^0v_i \equiv v_i = \frac{d}{dt}({}^0r_i) = \frac{d}{dt}({}^0A_i \, {}^ir_i) = {}^0\dot{A}_1 \, {}^1A_2 \dots {}^{i-1}A_i \, {}^ir_i + {}^0A_1 \, {}^1\dot{A}_2 \dots {}^{i-1}A_i \, {}^ir_i + $$

$$ + \dots {}^0A_1 \dots {}^{i-1}\dot{A}_i \, {}^ir_i + {}^0A_i \, {}^i\dot{r}_i = \left[\sum_{j=1}^{i} \frac{\partial {}^0A_i}{\partial q_j} \dot{q}_j \right] {}^ir_i \tag{15}$$

.

The partial product of the matrix ${}^0A_i$ over the variables d_i is easily calculated using the matrix Q_i , which for rotational articulation has the form:

$$Q_i = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (16)$$

Using this matrix, we can write:

$$\frac{\partial^{i-1}A_i}{q_i} = Q_i^{i-1}A_i\ . \quad (17)$$

Using equality 13 for the manipulator with rotational articulations, we have [9, 12]:

$$\frac{\partial^{i-1}A_i}{q_i} = \begin{bmatrix} -sin\theta_i & -cos\alpha_i cos\theta_i & sin\alpha_i cos\theta_i & -\alpha_i sin\theta_i \\ cos\theta_i & cos\alpha_i sin\theta_i & sin\alpha_i sin\theta_i & \alpha_i cos\theta_i \\ 0 & 0 & 0 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} cos\theta_i & cos\alpha_i sin\theta_i & sin\alpha_i sin\theta_i & \alpha_i cos\theta_i \\ sin\theta_i & cos\alpha_i cos\theta_i & -sin\alpha_i cos\theta_i & \alpha_i sin\theta_i \\ 0 & sin\alpha_i & cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \equiv Q_i^{i-1}A_i$$

for $\mathrm{i} = 1, 2, \dots, n$

$$\frac{\partial^{i-1}A_i}{q_i} = \begin{cases} {}^0A_1\ {}^1A_2 \dots {}^{i-1}A_i\ Q_i^{i-1}A_i \dots {}^{i-1}A_i\ if\ j \le i; \\ 0,\ \ if\ j > i. \end{cases} \quad (18)$$

In terms of meaning, the equality 18 describes the change in the position of the points of the i-th link caused by the movement in the j-th joint of the manipulator. To simplify the formulas, we introduce the notation $U_{ij} = \frac{\partial\ {}^0A_i}{\partial q_i}$, taking into account which the equality 18 can be represented as follows $\mathrm{i} = 1, 2, \dots, n$ [9, 13]:

$$U_{ij} = \begin{cases} {}^0A_1 Q_i^{i-1}A_i, & if\ j \le i; \\ 0,\ \ if\ j > i. \end{cases} \quad (19)$$

Using the introduced notation, the formula for can U_i be written in the form of:

$$U_i = \left[\sum_{j=1}^{i} U_{ij}\dot{q}_i\right]\ {}^i\dot{r}_i. \quad (20)$$

Determine the value characterising the effect of articulation interaction:

$$\frac{\partial U_{ij}}{\partial q_k} = U_{ijk} = \begin{cases} {}^0A_{j-1}Q_j^{j-1}A_{k-1}Q_k^{k-1}A_i, & if\ i \ge k \ge j; \\ {}^0A_{k-1}Q_k^{k-1}A_{j-1}Q_j^{j-1}A_i, & if\ i \ge j \ge k; \\ 0,\ \ if\ j > i\ or\ k > i. \end{cases} \quad (21)$$

For the manipulator with rotating articulations at the $i = k = j = 1$ and $q_i = Q_i$ we have:

$$\frac{\partial U_{ij}}{\partial q_k} = \frac{\partial}{\partial \theta_1}\left(Q_i\ {}^0A_1\right) = Q_i Q_i\ {}^0A_1. \quad (22)$$

Formula 22 describes the effect of joint rotation on the manipulator's motion for a manipulator with rotational joints. We will carry out further calculations for manipulator for our spraying process [14-16]:

Q_1 =45∘;

d_i=0.5 meters.

The transformation matrix $Q_i\ {}^0A_1$ is a 3x3 identity matrix. The matrix Q_i for the rotational joint is:

$$Q_i = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (23)$$

With these values, we can calculate the partial derivative of U_{ij} with respect to q_k (where $q_k = Q_1$) and plot the result. Substituting the given values:

$$\frac{\partial U_{ij}}{\partial q_k} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (24)$$

Performing the matrix multiplication, we get:

$$\frac{\partial U_{ij}}{\partial q_k} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (24)$$

Now, we have the partial derivative with respect to Q_1 . We can visualize this result by plotting the matrix elements as a 3D surface plot.[13] We can do it in Python using Matplotlib (Fig.7).

```python
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D

# Define the matrix elements
matrix = np.array([[-1, 0, 0],
                   [0, -1, 0],
                   [0, 0, 0]])

# Create meshgrid for x and y coordinates
x = np.arange(matrix.shape[0])  # Rows
y = np.arange(matrix.shape[1])  # Columns
x, y = np.meshgrid(x, y)

# Flatten the matrix to get z coordinates
z = matrix.flatten()

# Plot
fig = plt.figure()
ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
ax.scatter(x, y, z, c='r', marker='o')

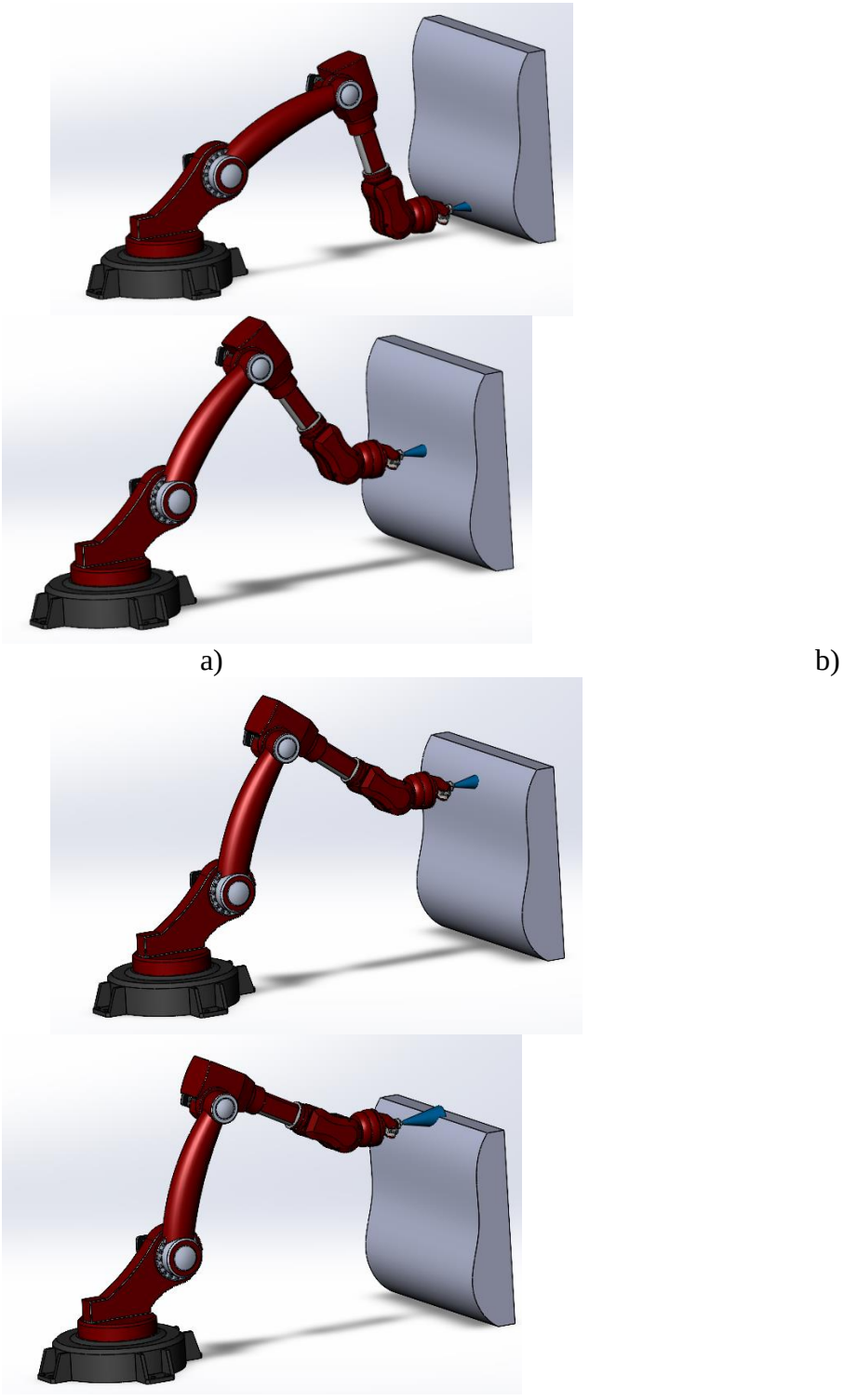
# Set labels
ax.set_xlabel('Row Index')
ax.set_ylabel('Column Index')
ax.set_zlabel('Value')

# Show plot
plt.show()
```

Fig.7. Code Python

To plot the elements of the resulting matrix as a 3D surface, we first need to prepare our data. In this case, our data is the matrix. This code will create a 3D scatter plot where each point represents an element of the matrix, with its position determined by the row index (x-coordinate), column index (y-coordinate), and value (z-coordinate).

Positions of movement of the manipulator along one coordinate are shown in Fig. 8.



a) b)

c) d)

Fig.8. Visualization of moving the manipulator while applying the polymer to the surface

Conclusion

Robots have emerged as indispensable tools for painting polymer surfaces, offering unparalleled precision, efficiency, and flexibility. These robotic systems not only elevate the quality and consistency of surface coatings but also enhance productivity and safety in

industrial painting operations. As the polymer industry continues to evolve, robotic painting technology will undoubtedly play a central role in shaping its future.

In this study, we have explored the mathematical framework governing the motion of manipulators with rotational and translational joints using the Lagrange-Euler method. By defining generalized coordinates and transformation matrices, we derived equations describing the relationships between joint angles, joint displacements, and the spatial position of the manipulator's end effector.

We illustrated how to calculate the effect of joint rotation on the manipulator's motion and visualized the results using a 3D. This visualization provided insights into the behavior of the manipulator and highlighted the importance of understanding the kinematics of robotic systems and mathematical modeling gives paving the way for advancements in robotic design and automation.

Future research could extend this framework to more complex manipulator geometries and investigate control strategies for achieving desired end-effector trajectories.

Bibliography

1. Advantages for robot painting and spray-coating applications. (2024) URL: https://www.arion.asia/robotic-spray-painting/https://www.researchgate.net/publication/261097756_Simulation_in_Robotics
2. Zhalmuratova and H.-J. Chung, “Reinforced gels and elastomers for biomedical and soft robotics applications,” ACS Applied Polymer Materials, vol. 2, no. 3, pp. 1073–1091, 2020.
3. Craig, J. J. (2005). Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson Prentice Hall.
4. Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.). (2008). Springer Handbook of Robotics. Springer.
5. Murray, R. M., Li, Z., & Sastry, S. S. (1994). A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation. CRC Press.
6. Spong, M. W., Hutchinson, S., & Vidyasagar, M. (2005). Robot Modeling and Control. Wiley-Interscience.
7. Lynch, K. M., & Park, F. C. (2017). Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control. Cambridge University Press.
8. Paul, R. P. (1981). Robot Manipulators: Mathematics, Programming, and Control. MIT Press.
9. Fu, R.S. (1987) Robotics Control, Sensing, Vision, and Intelligence. McGraw-Hill.
10. Murray, R. M., & Zexiang, L. (Eds.). (1994). Robot Motion Planning and Control. Springer.
11. Asada, H., & Slotine, J. J. (1986). Robot Analysis and Control. John Wiley & Sons.
12. Corke, P. (2017). Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB® Second, Completely Revised, Extended and Updated Edition. Springer.
13. Sciavicco, L., & Siciliano, B. (2000). Modeling and Control of Robot Manipulators. Springer.
14. Horiashchenko S. Research Spray and Device for Polymer Coatings on Fabric. Mechanika 2015 Proceedings Of The 20th International Scientific Conference, Kaunas - 2015, p.101-104
15. Horiashchenko, S.; Horiashchenko, K.; Musiał, J. Methodology of measuring spraying the droplet flow of polymers from nozzle. Mechanika 2020, 26, 82–86.
16. Horiashchenko S, Musiał J, Horiashchenko K, Polasik R, Kałaczyński T. Mechanical Properties of Polymer Coatings Applied to Fabric. Polymers. 2020; 12(11):2684. https://doi.org/10.3390/polym12112684

17. Laemmle, S. Gust. Automatic layout generation of robotic production cells in a 3D manufacturing simulation environment Procedia CIRP, 84 (2019), pp. 316-321
18. Kokkas and G.-C. Vosniakos, “An augmented reality approach to factory layout design embedding operation simulation,” International Journal on Interactive Design and Manufacturing, vol. 13, no. 3, pp. 1061–1071, 2019.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MATERIALS MOVEMENT MECHANISMS IN SEWING MACHINES

Horobets V., Dvorzhak V., Korobchenko E.
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

Abstract. Purpose. To compare the kinematic and dynamic characteristics of the mechanisms proposed by the authors with typical mechanisms for moving materials in sewing machines and assess their impact on material transportation quality.
Methodology. The study considers typical and author-developed mechanisms for material movement in sewing machines as described in [1]. Established methods of kinematic and dynamic analysis of mechanical systems are employed to establish comparison criteria.
Findings. The study determines the analog values of speed, acceleration, and jerks in vertical movements of the toothed rack in both typical and proposed mechanisms for material movement in sewing machines. It also examines the impact of force interaction within the toothed rack-material-clamping paw system on material transfer quality.
Originality. The authors establish the boundary values of kinematic and dynamic performance indicators for the new mechanism of material movement in sewing machines and compare them with typical mechanisms. The study confirms the feasibility of employing the new mechanism for material movement in sewing machines.
Practical Value. The new material movement mechanism ensures quality displacement processes, minimizes material damage, and maintains stitch length stability.
Keywords: material movement mechanism, acceleration, jerk, rigidity coefficient, damping factor.

Introduction. This work is a continuation of the research on the multilink mechanism for material transport in sewing machines, the metric synthesis of which is discussed in [1]. An essential component of the mathematical model during the investigation of dynamics is the analytical expressions of the main kinematic characteristics of the mechanism, determining the laws of motion of the mechanism in generalized coordinates, and solving partial problems under different initial conditions.

In the design of sewing machine mechanisms, analogs of the vertical velocity component of the working point of the working member are used - the so-called kinematic transfer function, which is of practical interest as it allows comparing mechanisms that are identical in structure or functional purpose. Kinematic transfer functions can be used for kinetostatic and dynamic calculations of sewing machine mechanisms, as well as criteria for optimality during parameter optimization of mechanisms.

Problem Statement. The authors of [1] have examined the proposed mechanism for material transport, in which all teeth of the feed dog have identical trajectories during operation. This allows reducing the depth of penetration into the material and improving the quality of transportation. Moreover, the improvement in transportation conditions in this mechanism is also due to better kinematic and dynamic parameters compared to conventional mechanisms. This work is dedicated to determining these parameters and comparing them with the analogous parameters of a typical material transport mechanism.

Research Results. According to [2], important indicators of the dynamics of cyclical mechanisms are the maximum values of such kinematic characteristics as acceleration and jerk, or their analogs: $\frac{d^2S}{d\phi_1^2}$ and $\frac{d^3S}{d\phi_1^3}$ (where S is the vertical displacement of the toothed rack; φ_1 is the generalized coordinate, which for cyclical mechanisms is the rotation angle of the main shaft). The first quantity characterizes the influence of inertial loads, while the second characterizes their impact properties.

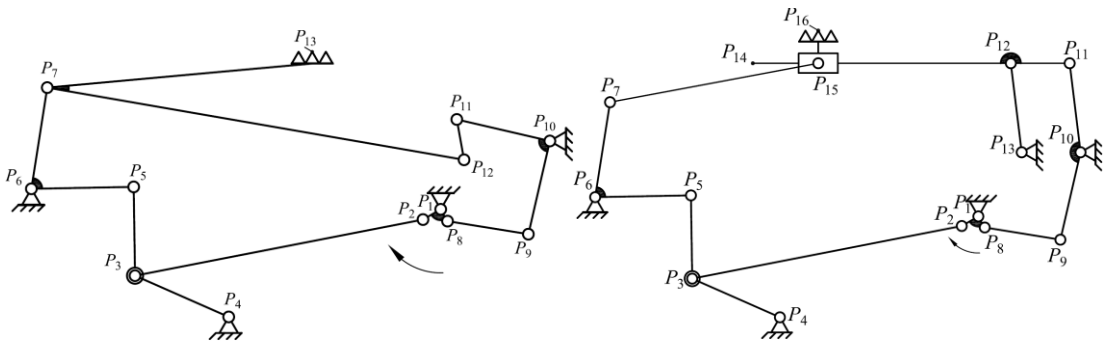
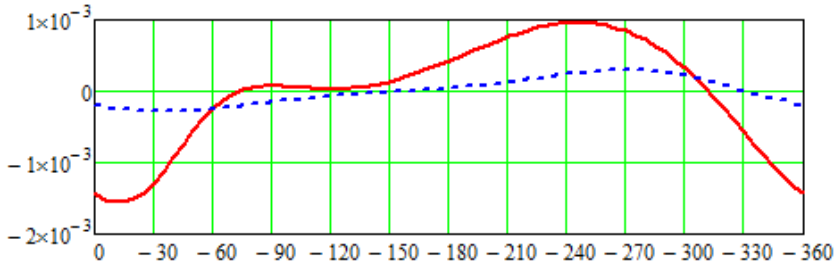


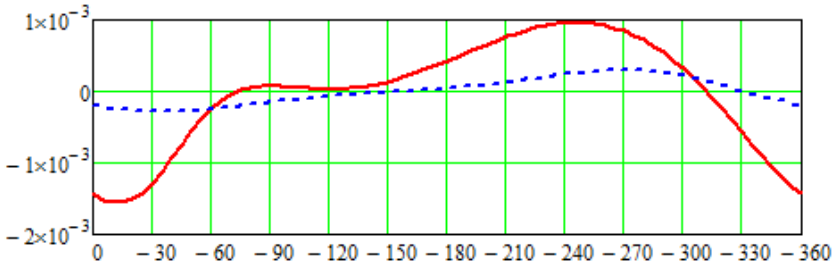
Fig. 1. Schemes of the investigated mechanisms: a - typical; b - proposed (new)

We will determine the values of these quantities for the mechanisms considered in [1]. The values of the velocity, acceleration, and jerk analogs of the vertical displacement of the working point P_{16} of the toothed rack of the proposed mechanism according to Figure 1 will be determined by differentiating expression (11) from [1] once, twice, and three times with respect to the angle φ_1. The values of the velocity, acceleration, and jerk analogs of the vertical displacement of the working point P_{13} of the toothed rack of the typical mechanism according to Figure 1 will be determined by differentiating the radius vector P_{13} (φ_1) once, twice, and three times with respect to the angle φ_1, which, in turn, can be determined using the method of vector coordinate transformation and the computational block of Mathcad according to [1].

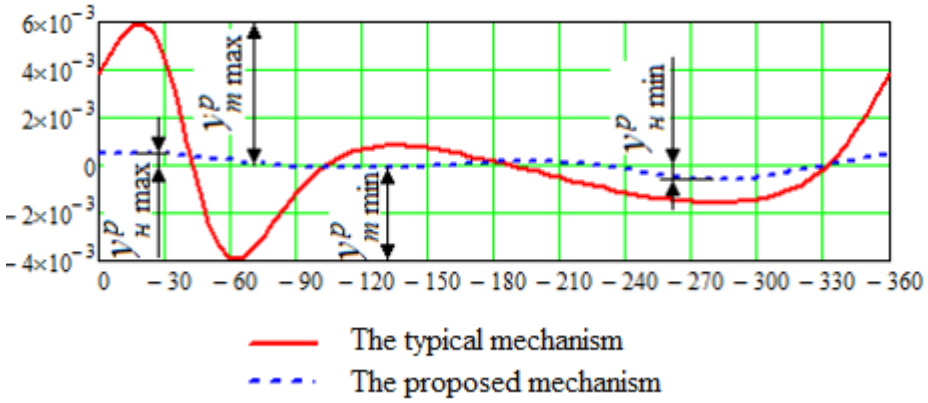
The obtained values of the analogs of velocity, acceleration, and jerk of vertical displacements of the rack in the typical and proposed mechanisms of material movement are presented in the graphs in Figure 2.



a



b



c

Fig. 2. Graphs of the values of kinematic characteristics of the mechanism: a - velocity analogs; b - acceleration analogs; c - jerk analogs

Hence, the maximum values of accelerations are derived from here.

– in the new mechanism

$$W_н := y^{\acute{e}}_{н\max} - y^{\acute{e}}_{н\min} = 4{,}43\cdot10^{-4} - \left(-2{,}20\cdot10^{-4}\right) = 6{,}63\cdot10^{-4}\ \text{m};$$

– in the typical mechanism

$$W_m := y^{\acute{e}}_{m\max} - y^{\acute{e}}_{m\min} = 18{,}95\cdot10^{-4} - \left(-22{,}32\cdot10^{-4}\right) = 41{,}27\cdot10^{-4}\ \text{m};$$

and jerks:

– in the new mechanism

$$P_н := y^{p}_{н\max} - y^{p}_{н\min} = 5{,}20\cdot10^{-4} - \left(-6{,}14\cdot10^{-4}\right) = 11{,}34\cdot10^{-4}\ \text{m};$$

– in the typical mechanism

$$P_m := y^{p}_{m\max} - y^{p}_{m\min} = 59{,}67\cdot10^{-4} - \left(-39{,}54\cdot10^{-4}\right) = 99{,}21\cdot10^{-4}\ \text{m}.$$

The influence of the force interaction in the system of rack-and-pinion material presser pawl on the transportation quality has been investigated in the works [4, 7]. Significant negative impact on important transportation quality indicators such as material tightening and seating has been identified. This phenomenon is known as "paw bounce," which refers to its detachment from materials during transportation. This, in turn, depends not only on the machine speed but also on the dynamic characteristics of the material handling mechanism.

Since the analysis of mechanisms is comparative, to simplify calculations, we will use the methodology and input data from works [3].

Hence, the vertical displacement of the pressing pawl X_1 can be described by a non-uniform differential equation:

$$X_1 = X_a + X_m + X_1; \tag{1}$$

where:

- X_a is the displacement of the rack above the needle plate;
- X_m is the thickness of the uncompressed materials by the pawl, i.e., under the force F of the previous spring preload with stiffness K_1;
- X_1 is the deformation of materials under the action of the resulting force P;
- k_2 is the equivalent stiffness of materials and kinematic chains of the material handling mechanism.

The solution to the non-uniform differential equation (1) takes the following form:

$$P = A_1\,cos(kt) + A_2\,sin(kt) + \frac{B\,sin(\omega(t+t_0))}{k^2-\omega^2} + \frac{A_0}{k_2};$$

Where P is the resultant force acting on the pressing pawl.

$$A_0 = \frac{k_2}{m}\left(F + k_1(X_m + h\,sin(\omega t_0))\right);$$

$$A_1 = F - \frac{A_2}{k^2} - \frac{B\,sin(\omega t)}{k^2-\omega^2}; \qquad A_2 = \frac{hk_2^2\omega\,cos(\omega t_0)}{km(k^2-\omega^2)}$$

$$B = k_2 h\left(\frac{k_1}{m} - \omega^2\right); \qquad k = \frac{\sqrt{k_1+k_2}}{m};$$

Where:

ω is the angular velocity of the main shaft;

ωt_0 is the phase shift;

h is the vertical stroke of the feed dog.

From here, we obtain the equation for the vertical displacement of the presser foot as follows:

$$X_1 = A_1^{'}\,cos(kt) + A_2^{'}\,sin(kt) + B^{'}sin\left(\omega(t+t_0)\right) + A_0^{'}; \qquad (2)$$

where $A_1^{'} = -\frac{A_1}{k_2}; \quad A_2^{'} = -\frac{A_2}{k_2}; \quad B^{'} = h - \frac{B}{k_2(k^2-\omega^2)};$

$$A_0^{'} = X_{м} - \frac{A_0}{k_2k^2} - h\,sin(\omega t_0);$$

The moment of detachment of the presser foot from the materials can be described by a homogeneous second-order differential equation, the solution of which, given the known deformation of the presser foot spring and the velocity of the foot at the moment of detachment, takes the form:

$$X_1 = X_0\,cos(\omega_1 t) + \frac{\dot{X}_0}{\omega_1}sin(\omega_1 t).$$

Taking into account the initial conditions from equation (2):

$$\dot{X}_1 = -kA_1^{'}\,sin(kt) + kA_2^{'}\,cos(kt) + \omega B^{'}cos\left(\omega(t+t_0)\right);$$

The value of X_1 is determined for the moment when $X_1 = 0$, or $P = 0$.

After the presser foot returns to the material, its movement will be described by a differential equation of forced oscillations, after which the process repeats.

The values of vertical strokes of the feed dog for typical h_t and new h_n mechanisms are determined in [1] ($h_m = 1{,}74mm$; $h_н = 0{,}50mm$).

The value of the angular velocity ω is determined from the technical specifications of a modern sewing machine ($n = 5000об/хв$;$\omega = 523{,}6c^{-1}$).

The rest of the input data will be taken from the works [3], where:

$F = 29H$; $k_1 = 1{,}03 \cdot 10^3 H/m$; $k_2 = 1{,}225 \cdot 10^5 H/m$; $t_0 = 0$; $m = 0{,}145$kg; $X_m = 0{,}75mm$; $X_a = 1{,}0mm$.

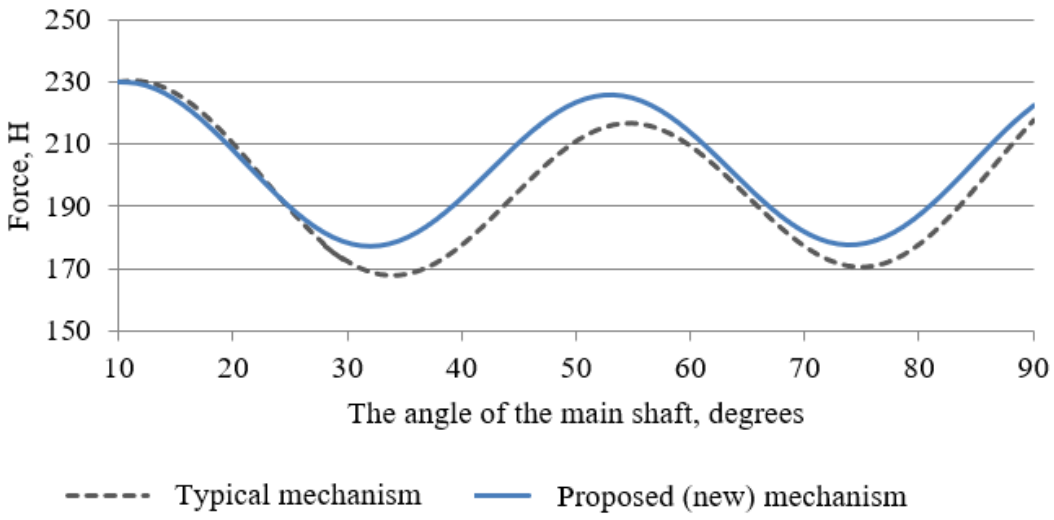


Fig. 3. Combined plots of the resultant force values acting on the foot of the typical and proposed (new) mechanisms

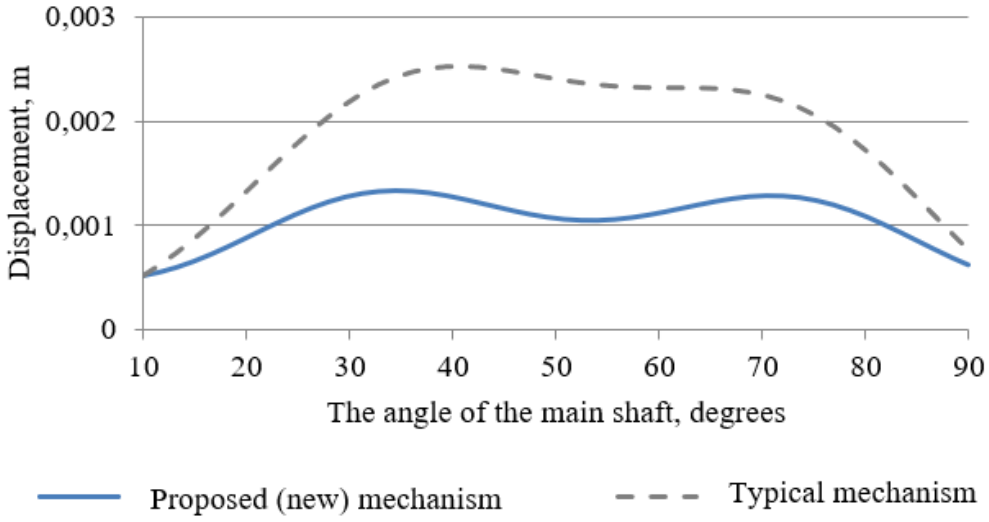


Fig. 4. Combined plots of vertical displacement values of the presser foot of the typical and proposed (new) mechanisms

Analyzing the results, it can be concluded that according to the metric parameters obtained in [1], the proposed new mechanism for material transport has lower indicators of presser foot force amplitude variation and smaller vertical displacement compared to the typical mechanism. This allows eliminating or at least reducing the occurrence of "paw bounce," material tightening, and seating, thereby improving stitch quality.

Conclusions. The obtained limit values of vertical components of position function, velocity, acceleration, and jerk of the working point of the new and typical mechanisms for material transport in sewing machines have determined the values of resultant force and vertical displacement of the feed dog of the new and proposed mechanisms. The influence of force interaction in the system of rack-material-presser foot on material transport quality has been investigated. Further research will focus on obtaining a rational design of multilink mechanisms for material transport using the obtained kinematic and dynamic models.

Bibliography

1. Horobets' V.A., Dvorzhak V.M. (2018) Analitychne doslidzhennia dynamiky typovykh dvokryvoshypnykh mekhanizmiv tekhnolohichnykh mashyn lehkoi promyslovosti [Analytical study of the dynamics of typical double-cam mechanisms in light industrial machinery]. Bulletin of Kyiv National University of Technologies and Design, 5, 33-39
2. Kinyts'kyj Ya.T., Kharzhevs'kyj V.O., Marchenko M.V. (2014) Teoriia mekhanizmiv i mashyn v systemi Mathcad [Theory of mechanisms and machines in the Mathcad system]. Khmelnytskyi: RVTs KhNU
3. Selivonchyk I.S. (1994) Rozrobka transportuiuchykh orhaniv shvejnykh mashyn [Development of conveying elements for sewing machines]. Candidate's thesis. Kyiv
4. Horobets' V.A., Scherban' Yu.Yu., Nosov M.S. (1986) Doslidzhennia roboty pruzhnoho elementa mekhanizmu transportuvannia shvejnoi mashyny [Investigation of the operation of the spring element in the mechanism of transporting a sewing machine]. Information about universities. Light industry technology, 6, 95-98
5. Horobets' V.A., Scherban' Yu.Yu., Nosov M.S. (1988) Vyznachennia posadky materialu pry vysokoshvydkisnomu rezhymi transportuvannia na shvejnykh mashynakh [Determining material feed during high-speed transportation mode on sewing machines]. Information about universities. Light industry technology, 2, 119-121
6. Horobets' V.A., Scherban' Yu.Yu., Nosov M.S. (1988) Porivnial'nyj analiz mekhanizmiv peremischennia materialu shvejnykh mashyn [Comparative analysis of material handling mechanisms in sewing machines]. Information about universities. Light industry technology, 6, 106-109
7. Horobets' V.A., Scherban' Yu.Yu., Nosov M.S. (1990) Rozrobka mekhanizmu peremischennia materialu dlia shvydkykh shvejnykh mashyn [Development of material handling mechanism for high-speed sewing machines]. Information about universities. Light industry technology, 6, 103-105

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ЦЕНТРА ВАГИ ТА КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛАДНОГО РУХОМОГО ОБ'ЄКТА

Гороховський В. О., Гордєєв А. І.
Хмельницький національний університет, Україна

Аннотація. Спосіб визначення координат центра ваги та кінематичних характеристик складного рухомого об'єкта відноситься до галузі загального машинобудування, зокрема до графічних способів визначення координат центра ваги тіла складної конфігурації. Така методологія використовують під час експертного дослідження траєкторії рухомого складного об'єкта (транспортного засобу) та у подальшому визначенні критичних швидкостей руху складного об'єкта по різних траєкторіях. У програмному продукті CAD - системи будується 3D-модель ***рухомого*** об'єкта, вид вантажу, 3D - модель водія і пасажирів, визначається місце їх розташування та за допомогою опції CAD - системи визначається маса та координати центру ваги у тривімірному просторі з можливістю змінювати вагові характеристики рухомого об'єкта додаванням виду вантажу і змінювати конфігурацію його розміщення, а також змінювати кількість пасажирів та місце їх розташування, створюються графічні проекції об´єкта у CAD - системі і за допомогою опції постановки розміру визначаються відстані розташування центру ваги у вертикальній та горизонтальній проекції об´єкта та проводиться розрахунок критичної швидкості руху рухомого об'єкта. Таким чином, застосування запропонованого способу визначення масових та кінематичних характеристик складного рухомого об'єкта в процесі експертного дослідження за допомогою програмного продукту SolidWorks, дає можливість скоротити витрати часу на проведення натурного визначення масових характеристик та підвищити точність розрахунків для конкретного випадку завдяки зменшенню впливу суб'єктивних факторів при вимірюванні.
Ключеві слова. рухомий складний об'єкт, координати цента ваги, критична швидкість.

Спосіб визначення координат центра ваги та кінематичних характеристик складного рухомого об'єкта відноситься до галузі загального машинобудування, зокрема до графічних способів визначення координат центра ваги тіла складної конфігурації. Така методологія використовується під час експертного дослідження траєкторії рухомого складного об'єкта (транспортного засобу) та у подальшому визначенні критичних швидкостей руху складного об'єкта по різних траєкторіях.

Відомий графічний спосіб визначення координат центру ваги об'єкта, при якому все зводиться до побудови силового і мотузкового багатокутників Варіньйона [1, 2]. Недоліком такого способу є громіздкість виконування операцій при побудові силових і мотузкових багатокутників у двох взаємно перпендикулярних площинах або у зміні положення об'єкта, а паралельне перенесення ліній призводить до неточностей в розрахунку і низької продуктивності оператора, який визначає центр ваги об'єкта. Відомий спосіб визначення положення координат центра ваги колісного транспортного засобу згідно якого визначають тиск повітря в кожній шині, порівнюють його значення з розрахунковим та визначають величини вертикальних навантажень на кожне з коліс [3]. Однак, одержані величини цих вертикальних навантажень є недостатніми, щоб точно знайти положення центра ваги у вертикальній площині, що не дає можливості точно визначати характеристики стійкості, керованості, критичних швидкостей руху складного об'єкта**.**

Відомий спосіб [4] у якому застосовано для визначення координат центру ваги побудова тривімірних зображень обєктів у CAD-системі. Однак відомий спосіб не дозволяє враховувати зміну вагової характеристики рухомого об'єкта додаванням виду вантажу та конфігурацію його розміщення, а також кількості пасажирів та місце їх

розташування для більш точного визначення критичних швидкостей руху для реально наближеної конфігурації складових рухомого обєкта.

Запропоновано спосіб визначення маси і координат центра ваги та кінематичних характеристик складного рухомого об’єкта в процесі експертного дослідження, а саме координат центру ваги з урахуванням змінних параметрів об’ємної геометричної конфігурації та розташуванням додаткових елементів (виду вантажу та кількості пасажирів), які змінюють масу об’єкта та положення центру ваги за допомогою програмного продукту SolidWorks. Спосіб визначення координат центра ваги та кінематичних характеристик складного рухомого об’єкта в процесі експертного дослідження реалізується наступним чином: у програмному продукті CAD - системи (SolidWorks) будується 3D-модель складного рухомого об’єкта у масштабі 1:10. Створюються графічні проекції складного рухомого об’єкта (Рис. 1) та визначається його маса за допомогою опції CAD - системи.



Рис. 1 – 3D - модель складного рухомого об’єкта

У програмному продукті SolidWorks вибирається вид вантажу, його питома вага, геометрична конфігурація, та місце його розміщення у кузові складного рухомого об’єкта. Створюються графічні проекції рухомого об’єкта з навантаженням (Рис. 2) та проводиться розрахунок ваги складного об’єкта та координати центра його ваги.

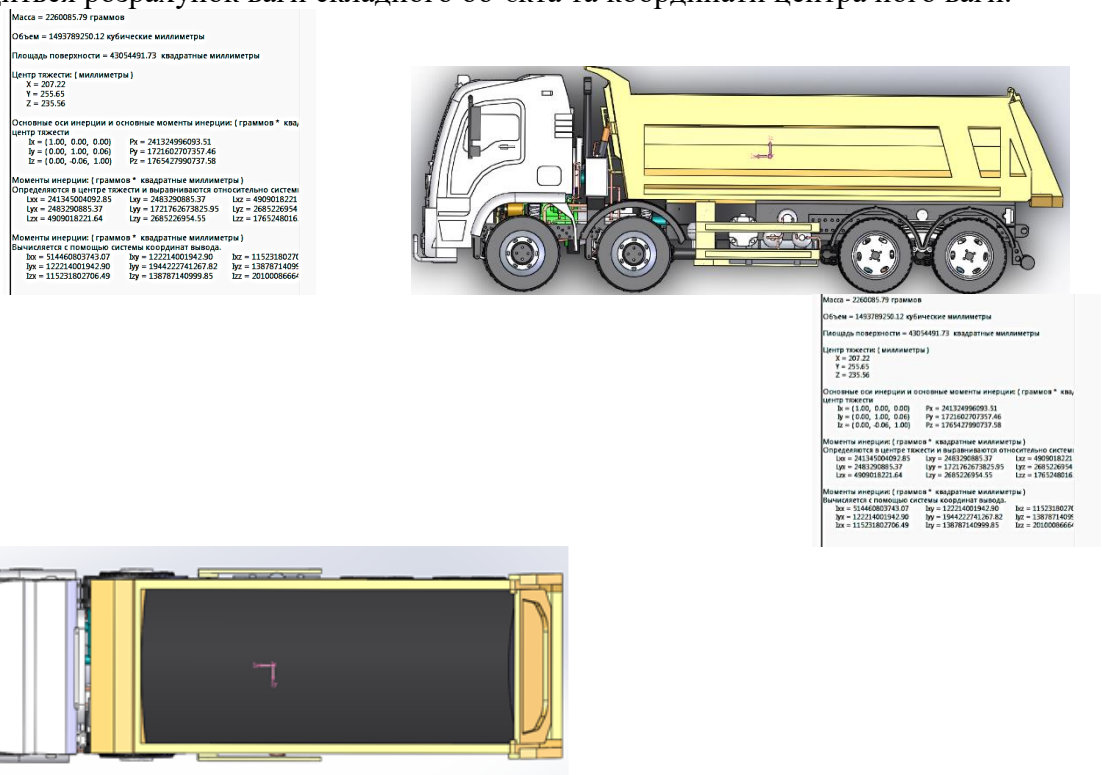


Рис. 2 – Графічні проекції рухомого об’єкта з навантаженням та розрахунок маси складного об’єкта з визначенням координат центра ваги

Графічні проекції об´єкта зберігаються у графічному форматі CAD - системі та за допомогою опції постановки розміру визначаються відстані розташування центру ваги у вертикальній та горизонтальній проекції об´єкта у мм (Рис. 3).

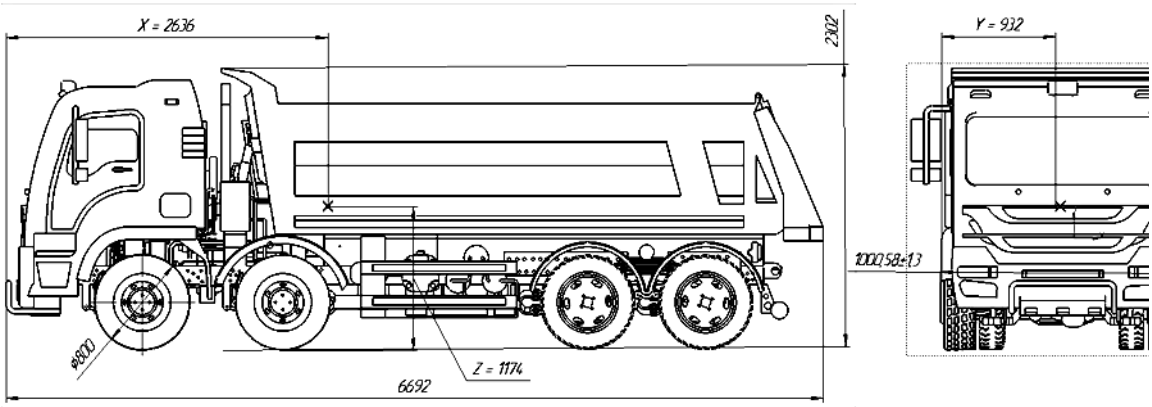


Рис. 3 – Графічні проекції об´єкта з визначенням висоти центра ваги

У порівнянні з рекомендаціями [5] де висота центру ваги для спорядженої маси транспортного засобу, приймається у межах для вантажного транспорту від 0,6 до 1 м. та для легкового від 0,4 до 0,5 м., що дає значну розбіжність при розрахунках та не враховує вид вантажу та його розміщення.

З наведеного прикладу, застосування способу для визначення висоти центру ваги для спорядженої маси транспортного засобу без вантажу дало розрахункову відстань висоти центру ваги 1174 мм у порівнянні з максимально рекомендованою 1000 мм.

Надалі проводиться розрахунок критичної швидкості руху перекидання при повороті складного рухомого об’єкта. Для визначення критичної швидкості руху при повороті застосовується наступна залежність:

$$V_{кр.пер.} = \sqrt{\frac{B}{2h_g} \cdot g \cdot R}, \tag{1}$$

де B – ширина колії, м;

h_g – висота центру мас, м;

g – прискорення земного тяжіння, м/с^2;

R – радіус повороту, м.

Таким чином, застосування запропонованого способу визначення масових та кінематичних характеристик складного рухомого об’єкта в процесі експертного дослідження за допомогою програмного продукту SolidWorks, дає можливість скоротити витрати часу на проведення натурного визначення масових характеристик та підвищити точність розрахунків відстані розташування центру ваги у вертикальній та горизонтальній проекції об´єкта для конкретного випадку, завдяки зменшенню впливу суб’єктивних факторів при проведенні натурних експериментів та вимірюванні.

1. Каплунова А.В. Методика та приклади розв'язування задач з теоретичної механіки. / А. В. Каплунова, В. А. Михайловський, І. П. Сірош та ін. Навчальний посібник. К.: ДВСЛ, 1961. 120 с.

2. Павловський М. А. Теоретична механіка. Підручник. К.: Техніка, 2004. 512 с.
3. Спосіб визначення положення центра ваги колісного транспортного засобу і пристрій для його здійснення; пат. 69620А МПК В60С23/00, опубл. 15.09.2004; Бюл. №9.
4. Спосіб статичного балансування спеціальних токарних пристроїв в процесі проєктування; пат. 150211 Україна. МПК G01L 3/00. № u 2021 05122; заяв. 10.09.2021; опубл. 12.01.2022; Бюл. №2
5. Волков В. П., Вільський Г. Б. Теорія руху автомобіля. Суми. : Університетська книга, 2015. 320 с.

ASSESSING THE STATE OF KHMELNYTSKYI REGION FOREIGN TRADE ACCORDING TO FOREIGN ECONOMIC ACTIVITY INDICES

Hryhoruk P., Khrushch N., Grygoruk S.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The rapid development of globalization and integration processes characterizes the current stage of development of the world economy. Globalization's consequences significantly impact economic and social processes in interstate relations and at the national, regional, and industry levels. As a result, there is a gradual blurring of national boundaries in the direction of resource use and product distribution. Financial and labor resources are moved to those regions of the world where there are better conditions for their use. This is manifested in the strengthening of migration processes with subsequent structural shifts in the labor market, changes in social conditions, and the population's standard of living. On the other hand, such processes are prerequisites for activating foreign economic activity (FEA) at all levels of the national economic system. Integrating the domestic economy into the world economic system significantly increases the role and significance of such activities and the participation of business entities in various types of international cooperation. The priority direction of such activity is export-import operations. At the same time, the implementation of such operations is caused by destructive disturbances in the external environment of the functioning of business structures and, as a result, a high degree of uncertainty in implementing foreign economic activity. Such problems became particularly acute due to the Covid-19 pandemic and russian aggression. Under such conditions, the foreign economic activity of the regions acts as a factor that will contribute to maintaining a certain level of socio-economic development of the territory, the well-being of the population, and the quality of life. The FEA of the region is a complex and multifaceted process in which various subjects of economic activity take part. The development of the FEA strategy is impossible without the availability of analytical information regarding the operating conditions and factors influencing the activities of the region's enterprises. Therefore, it is relevant to study the methodological aspects of analyzing the necessary data regarding the activities of enterprises in the region in managing the FEA. When determining the development priorities of the region's FEA, it is also required to apply the tools of economic and mathematical modeling.

We evaluated the Khmelnytskyi region's FEA. Calculating the Grubel-Lloyd and Laffey-Herzog indices and examining the export competitiveness of RCA products established that industrial products are the most competitive group of goods for enterprises in the Khmelnytskyi region. The analysis of the calculated indicators of the evaluation of the economic zones of the Khmelnytskyi region showed that, according to all indices, their values are low, which indicates their low competitiveness in foreign markets and negatively affects, first of all, the level of product exports.

The Khmelnytskyi region has significant potential for developing internal interregional and external interstate relations. Its favorable economic and geographical location contributes to the development of international trade. However, the analysis results showed low indicators of foreign trade turnover in relation to other regions of Ukraine.

Keywords: Foreign economic activity, Grubel-Lloyd index, Laffey-Herzog index, RCA index.

Introduction

In modern economic activity, the role and importance of foreign economic activity (FEA) are growing due to the intensive development of international economic relations caused by the globalization processes of the world economy. This applies to all levels of the economic system's functioning.

The Law of Ukraine "On Foreign Economic Activity" considers this economic category as the activity of economic entities of Ukraine and foreign economic entities, which is built on mutual relations between them, which takes place both on the territory of Ukraine and outside its borders [1]. As an economic phenomenon, FEA reflects a system of economic relations that develop in the process of interstate exchange of resources and permeate the production, trade, financial, and investment spheres of the country's economic life. It provides opportunities for

the intensification of production and distribution processes by expanding demand on foreign markets and, as a result, contributes to the increase of GDP and foreign exchange earnings due to the import of advanced technologies and products, the growth of investment attractiveness of both individual business entities and entire industries or territorial formations, increasing the volume of foreign capital investments, creates the basis for the innovative development of domestic enterprises.

The most common form of FEA is foreign trade. Its applied aspect is primarily determined by the opportunity to receive foreign exchange earnings from exports, to develop the technical and technological level of production through the widespread involvement and implementation of innovations, and to produce competitive products.

Foreign trade is a multidimensional integral economic system consisting of two main subsystems: foreign trade and international production and investment activities. Individually, these subsystems reflect only a particular aspect of economic activity. Foreign trade contributes not only to the development of production but also to better meeting the population's needs and improving the quality of life.

The positioning of sustainable development as the primary strategic goal of regional development leads to the strengthening of integration processes and the transition of interregional economic relations to the transnational level. Achieving this goal is facilitated by the development of the region's FEA. The business infrastructure ensures the interaction of FEA entities, which determines the degree of readiness of the region's foreign economic system to achieve regional development goals. Thus, achieving a balance of national and regional interests is the basis of the organization of the region's foreign trade under the conditions of globalization. This requires a separate study of the mechanisms of the development of the region's foreign economic activity, the analysis of statistical indicators related, in particular, to export-import operations and the expansion of its export potential, the identification of trends in changes in indicators, and the development of predictive models to create an analytical basis for the formation of strategic plans for the regional economic activity.

Results of the studies

The FEA of the region is a complex and multifaceted process in which various subjects of economic activity take part. The development of the FEA strategy is impossible without the availability of analytical information regarding the operating conditions and factors influencing the activities of the region's enterprises. Therefore, it is relevant to study the methodological aspects of analyzing the necessary data regarding the activities of enterprises in the region in managing the FEA. When determining the development priorities of the region's FEA, it is also required to apply the tools of economic and mathematical modeling.

The management of the region's FEA is based on the essential functions of management: planning, organization, motivation, control, and regulation. It should provide for the analysis, evaluation, modeling, and forecasting of development scenarios to develop a strategy for activities in foreign markets.

The FEA analysis methodology is a systematic, comprehensive study of the initial data followed by an assessment of the influence of factors on the FEA results, which aims to improve the effectiveness of foreign economic relations.

Traditionally, among the indicators that quantitatively and qualitatively characterize the state of external economic relations in the region, there are performance indicators: export, import, and foreign trade turnover. For the possibility of comparing such indicators, they are used in calculations calculated per capita. Evaluation of the effectiveness of foreign trade can also be carried out with the help of both absolute and relative indicators. Among the leading absolute indicators, the volumes of exports, imports, foreign trade turnover, and foreign economic balance stand out. On their basis, the most essential relative indicators are

determined, primarily the export quota, the import quota, and the coefficient of foreign trade turnover [2, p. 69].

One of the most common approaches to analyzing trends in the change of indicators characterizing FEA is using relative indicators of dynamics, particularly the average growth rate and average absolute growth. However, we note that this approach has a significant drawback. It can be used only if there is a clearly expressed trend in the change of the analyzed indicators because the dynamics characteristics are calculated based on the extreme points. This characteristic will not be considered in case of significant variability of the corresponding dynamic series. Another requirement is a relatively small number of dynamic series values.

One of the indicators that allows you to assess the level of intra-industry trade in regional markets is the Grubel-Lloyd indicator [3], which is calculated according to the formula:

$$I_{B_x} = 1 - \frac{|X_x - M_x|}{X_x + M_x}, \quad (1)$$

where I_{B_x} is the Grubel-Lloyd indicator;

X_x is the total export of goods *x;*

M_x is the total import of goods *x.*

The closeness to zero of the value of this index indicates the one-sidedness of the region's participation in foreign trade, specializing either in the export or import of the studied product (commodity group). Approaching the value of the index to one indicates two-way flows of goods, that is, the presence of both exports and imports. Therefore, it is possible to strengthen the interaction between market participants for the studied product. At the next stage, the problem of quantitative assessment of the parameters that influence the formation of new FEA management conditions arises.

Another approach to FEA assessment is the use of the Laffey-Herzog index [3] between the weight of each commodity in the structure of foreign trade and its external balance:

$$g_x = \frac{x_x + m_x}{X + M}, \quad (2)$$

where g_x is the share of the *x*-th product in the external turnover of the region;

x_x is region’s total export of goods x;

m_x is region’s total import of goods x;

X is the region’s total export of goods;

M is the region’s total import of goods.

This indicator can assess the region's competitiveness if its cumulative (total) value is constructed for all groups of goods for which the region's FEA is conducted. To compare the indicators, the external balance of each product must be adjusted, taking into account its share in the region's external trade turnover.

Paper [4] proposed to use indicators of export profitability and overall export efficiency, which are calculated according to the formulas:

$$R_e = \frac{I_e}{P_e}, \quad (3)$$

where R_e is an indicator of export profitability;

I.e., is a net income from export operations;

P_e is a profit from export operations;

$$E = \frac{I_e}{AX_e}, \quad (4)$$

where *E* is an export performance indicator;

AX_e are export costs.

Similar formulas can be used to calculate the relevant indicators for imports. At the same time, import efficiency can be defined as the cost of not exceeding the cost of purchasing the same or similar goods on the domestic market.

Works [5, 6, 7, 8] provide various indices by which FEA efficiency estimates can be calculated. The set of indicators presented in the article [6] focuses on evaluating imports, but it can also be easily adapted to assessing export operations. The categories are group indicators, and the authors provide practical aspects of their use for each category.

Indicators of export competitiveness can evaluate the effectiveness of the FEA. It is a component of overall competitiveness and depends on many factors, particularly the volume of exports, the quality of export goods, and the degree of market coverage. The study [9] presents a modified index of export competitiveness of goods, which can be used to assess the competitiveness of FEA in the regional market. It is calculated according to the formula:

$$RCA = \frac{x_i}{x_i^{kp}} \cdot \frac{X}{X_i^{kp}}, \quad (5)$$

where x_i – is the region's total export of goods;

x_i^{kp} is an export of goods of the selected product group;

X is the total export of the country;

X_i^{kp} is an export of goods of the selected product group on a national scale.

This indicator makes it possible to assess the competitive advantages of enterprises' exports by region for certain groups of goods.

Another indicator of export competitiveness is the "revealed comparative advantage" (RCA) index. It is calculated by comparing the trade indicators of a particular industry with the world average values in this industry [10]. The corresponding formula has the form:

$$RCA = \frac{x_i}{X} \cdot \frac{x_{wi}}{X_w}, \quad (6)$$

where x_i is the volume of export of the i-th product from the country;

x_{wi} is the volume of world exports of the i-th product;

X_w is the total volume of world exports.

If the RCA index is more significant than one, the country is considered to have a competitive advantage in producing the i-th product group. The higher the value of the index, the higher the exporter's competitive advantage. If the value of the index is less than one, then the export of the corresponding product has low competitiveness. This index can cluster enterprises into groups with similar levels of identified advantages.

To evaluate the positioning of the enterprise in the foreign market, the index of export competitiveness of the enterprise in the market can be used [9]. It is calculated according to the formula:

$$XCI = \frac{x_{ij}}{m_{ik}} \cdot \frac{X_j}{M_k}, \quad (7)$$

where x_{ij} is an export volume of the i-th product of the j-th enterprise;

X_j is the total volume of sales of all products of the i-th enterprise (both on domestic and foreign markets);

m_{kj} is the volume of import of the i-th product to the k-th market;

M_k is the total volume of imports in the k-th market.

This index reflects the company's ability to gain market share in the studied market. The difficulty of calculating this indicator is determined by obtaining the necessary data, which are usually a commercial secret and, therefore, not open to the public. Although these indicators are used at the level of individual enterprises, they can also be adapted to assess the export

competitiveness of all enterprises in the region that export a particular product (group of products) or operate in specific foreign markets.

Ukraine's path towards European integration involves increasing foreign trade volume, primarily with EU countries. Determining the priorities of the economic zone's regional development presupposes the wide use of analytical data processing, in particular, by modeling foreign economic processes in the region. The initial data for calculations, obtained from open information sources of the National Bank of Ukraine [11], the State Statistics Service of Ukraine [12], and the Main Department of Statistics in Khmelnytskyi Region [13], are listed in Table 1.

Table 1. Indicator values for calculating FEA indices

Names of product groups	Indicator values, million $US.									
	Ukraine					Khmelnytskyi region				
	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021
Food products and raw materials for their production	17739	18594	22123	22161	27687	265.5	409.7	434.7	442.0	604.0
Mineral products	3517	3883	4405	4963	7876	14.6	17.7	21.4	19.6	21.1
Products of the chemical and related industries	2052	2381	2171	2308	3174	28.2	31.6	24.5	24.0	33.4
Wood and wood products	1647	1965	1780	1758	2491	12.1	15.7	12.3	13.9	16.2
Industrial products	575	649	697	722	946	53.1	62.7	68.4	94.7	99.7
Ferrous and non-ferrous metals and their products	9890	11402	9994	8782	15719	18.6	17.7	60.0	21.0	58.9
Machines, equipment, vehicles and devices	2862	3002	3426	3390	3817	75.5	83.1	5.3	69.4	78.1
Various products	1419	1465	1495	1059	1403	26.8	27.3	42.7	4.0	36.0
The total volume of exports of goods	39701	43341	46091	45143	63113	494.4	665.5	669.3	688.4	947.2

Let's calculate the Grubel-Lloyd index using formula (1). The results of the calculations to the nearest hundredth are presented in Table 2.

The higher the value of the index I_{B_X} (closer to 1), the higher the level of bilateral trade; that is, there are simultaneous export and import flows of goods. For these groups of goods, it is possible to strengthen the interaction between market participants.

Table 2. Values of the Grubel-Lloyd index I_{B_X}

Names of product groups	Index values				
	2017	2018	2019	2020	2021
Food products and raw materials for their production	0.16	0.08	0.11	0.13	0.14
Mineral products	0.65	0.84	0.77	0.90	0.53
Products of the chemical and related industries	0.38	0.37	0.32	0.33	0.31
Wood and wood products	0.59	0.60	0.77	0.66	0.66
Industrial products	0.88	0.78	0.81	0.95	0.75
Ferrous and non-ferrous metals and their products	0.68	0.62	0.46	0.73	0.81
Machines, equipment, vehicles and devices	0.65	0.64	0.13	0.45	0.70

The analysis of the results presented in Table 2 allows us to conclude that the highest values of the indicator are observed for the following groups of goods: "Wood and wood products"; "Industrial products"; "Mineral products"; "Ferrous and non-ferrous metals and their products", "Machines, equipment, vehicles and devices". The obtained results are generally consistent with the results of the above analysis. However, if high values were achieved for the first two groups of goods due to the predominance of their exports, then for other groups of goods, it would be mainly due to high values of imports of the corresponding goods.

Graphically, the values of the index of selected groups of goods are shown in Figure 1.

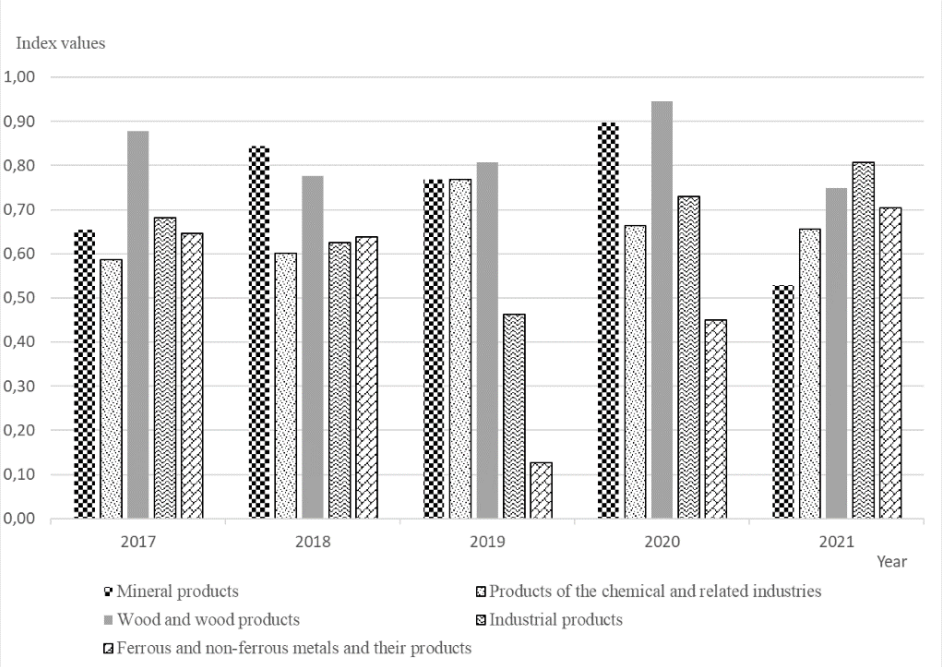


Fig.1. The values of the Grubel-Lloyd index for selected groups of goods

Let's assess the Khmelnytskyi region's competitiveness level in the context of the FEA proceedings. For this purpose, we calculated the Laffey-Herzog index using the data given in Table 1. The results of the calculations are presented in the table. Given this indicator's relatively low values for the Khmelnytskyi region, its values are given in the table with an accuracy of thousands, Table 3.

The values obtained by the indicators are generally pretty low, which indicates the Khmelnytskyi region's low competitiveness in conducting trade in foreign markets.

Table 3. Laffey-Herzog index *values*

Names of product groups	Index values				
	2017	2018 p.	2017	2020 p.	2021
Food products and raw materials for their production	0.013	0.018	0.017	0.017	0.018
Mineral products	0.003	0.002	0.003	0.003	0.004
Products of the chemical and related industries	0.013	0.013	0.012	0.011	0.012
Wood and wood products	0.006	0.007	0.007	0.007	0.006
Industrial products	0.035	0.032	0.030	0.048	0.035
Ferrous and non-ferrous metals and their products	0.004	0.004	0.019	0.005	0.005
Machines, equipment, vehicles and devices	0.014	0.014	0.004	0.015	0.009

The results of index calculations show that the highest value is for the "Industrial products" product group. This is consistent with the conclusions obtained from the results of the calculation of the Grubel-Lloyd index and indicates the relative competitiveness of the Khmelnytskyi region for the goods of this group. The trend of change of this indicator during the studied period was uncertain, and in 2021, the same level as in 2017 was obtained. We can also talk about a certain competitiveness of the region in trade in such groups of goods as "Food products and raw materials for their production", "Products of chemical and related industries", "Machines, equipment, vehicles and devices". The change in index values during the studied period for these groups of goods is shown in Figure 2.

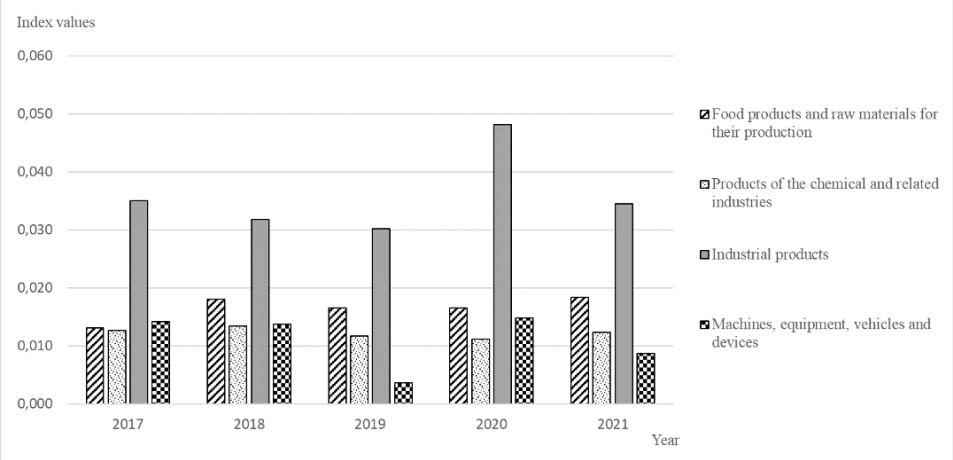


Fig. 2. Value of the Laffey-Herzog index for selected product groups

More attention should be paid to the internal factors of competitiveness to increase competitiveness, representing a set of opportunities for enterprises to improve product quality.

Another aspect of evaluating the region's FEA is the calculation of comparative advantage indicators. The method of comparative advantages (RCA analysis) is used to determine competitiveness in foreign markets and to assess the level of specialization in the production of products of individual product groups. Comparative advantage is the ability to produce a good or service with a relatively lower opportunity cost. A country that produces goods with a lower opportunity cost has a more significant comparative advantage; it consumes less of both imported and domestic resources per unit of output, and its domestic resources have a lower opportunity cost. cost and the products of this country are more competitive on the world market.

We considered the modified index of export competitiveness of RCA goods, a partial case of the comparative advantage index. It is calculated by the ratio between the share of the export of the specified product (group of goods) in the total world export of the country or its region and the share of this product (group of goods) in the total export. The index can take unlimited non-negative values. At the same time, the index belonging to the interval from 0 to 1 reflects insufficient specialization of the region in the export of the corresponding product (product group). Suppose the value of the index exceeds one. In that case, this indicates the existence of a particular comparative advantage and the specialization of the region's enterprises in producing the corresponding product.

We calculated the values of the RCA indicator for the Khmelnytskyi region using formula 5, using the data presented in Table 1. The results of the calculations are shown in Table 4.

Table 4. Value of the RCA index of goods export competitiveness

Names of product groups	Index values				
	2017	2018 p.	2017	2020 p.	2021
Food products and raw materials for their production	1.20	1.77	1.58	1.60	1.75
Mineral products	0.33	0.37	0.39	0.32	0.21
Products of the chemical and related industries	1.10	1.06	0.91	0.83	0.85
Wood and wood products	0.59	0.64	0.56	0.63	0.52
Industrial products	7.41	7.76	7.88	10.53	8.46
Ferrous and non-ferrous metals and their products	0.15	0.12	0.48	0.19	0.30
Machines, equipment, vehicles and devices	2.12	2.22	0.12	1.64	1.64

The analysis of the obtained results allows us to state that the calculated values of the RCA indices are low. However, the theoretical unlimitedness of the index values makes it impossible to create any scale to assess the level of export competitiveness. Therefore, we can only talk about the relative competitiveness of exports of one group of goods about another.

In this case, the highest value of the RCA index occurs for the "Industrial products" product group. This result is consistent with other results obtained for previously calculated indicators. Let us note the tendency towards the growth of the value of this indicator throughout the studied period. Index values greater than one also occur for the product groups "Machines, equipment, vehicles and devices" and "Food products and raw materials for their production." For the last indicator, a generally increasing trend is also observed, which is consistent with the conclusion regarding the region's characteristics as an agricultural one, which is engaged in exporting, particularly agricultural products, including food products. The dynamics of changes in the RCA indicator for selected groups of products are shown in Figure 3.

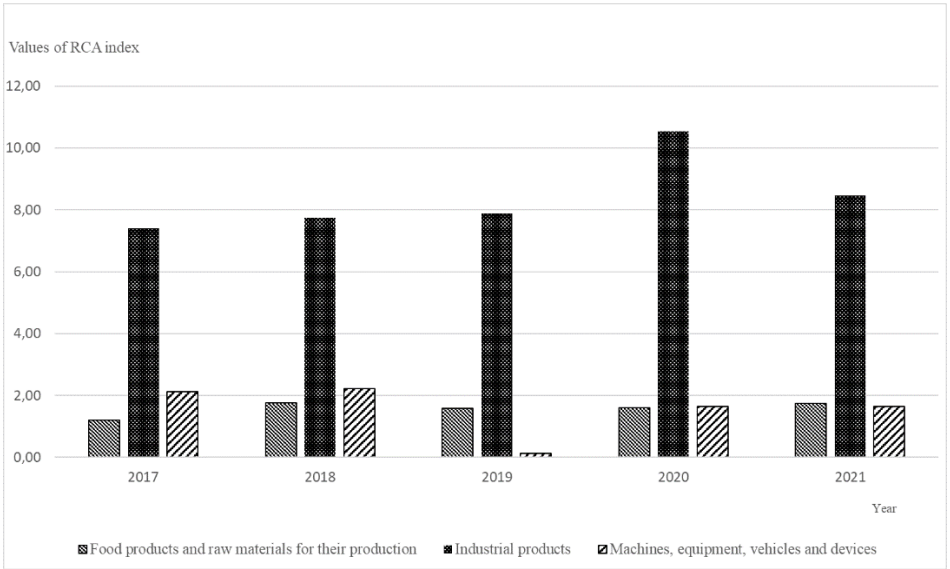


Fig. 3. Dynamics of change in the RCA index for selected groups of goods.

Thus, the analysis of the calculated indicators of the evaluation of the economic zones of the Khmelnytskyi region showed that according to all indices, their values are low, which indicates their low competitiveness in foreign markets and negatively affects, first of all, the level of export of products. This conclusion is consistent with the obtained ranking of the Khmelnytskyi region, which occupies a place at the bottom of the list of regions in Ukraine [14]. A comparison of the indicators obtained for product groups shows that "Industrial

products" have the highest export competitiveness. It has relatively high values of all calculated indicators.

Considering the region's specialization in the production of agricultural products, it is necessary to pay more attention to promoting it to foreign markets, especially in the context of the threat of global hunger. This will contribute to the growth of the Khmelnytskyi region's exports.

Conclusion

At the current stage of the development of society, the FEA plays an essential role in economic growth in conditions that strengthen globalization and integration processes. It contributes to increasing production volumes by expanding demand on foreign markets, increasing GDP and GRP at the expense of foreign exchange earnings, and attracting foreign direct investments. It also contributes to the prerequisites for developing enterprises in the region on an innovative basis. In the course of the study, it was found that the most common form of FEA is foreign trade. It contributes to the development of production and a higher level of meeting the population's needs and improving the quality of life.

We evaluated the Khmelnytskyi region's FEA. Calculating the Grubel-Lloyd and Laffey-Herzog indicators and examining the export competitiveness of RCA products established that industrial products are the most competitive group of goods for enterprises in the Khmelnytskyi region.

The Khmelnytskyi region has significant potential for developing internal interregional and external interstate relations. Its favorable economic and geographical location contributes to the development of international trade. However, the results of the analysis showed low indicators of foreign trade turnover in other regions of Ukraine.

To create attractive conditions for attracting investors and developing international trade, it is necessary to implement a set of measures to promote investment opportunities in the region and develop promising sectors of the economy for investment, in particular, agriculture, especially in the context of the global problem of hunger caused by Russian aggression.

Bibliography

1. On foreign economic activity: Law of Ukraine dated 16.04.1991 No. 959-XII, as amended URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/959-12#Text
2. Zelinska O. Z. (2020). Activation of foreign economic activity in the region under conditions of Euroregional cooperation. Dissertation for obtaining the scientific degree of candidate of economic sciences, specialty 08.00.05 - "Development of productive forces and regional economy". Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk.
3. Kozak Yu. G., Prytula N. V., Ermakova O. A., etc. (2016). Foreign economic activity: enterprise-region. Monograph. Kyiv: Center for Educational Literature.
4. Fedorets L. M. (2011). A methodical approach to assessing the efficiency of the region's agricultural sector's foreign economic activity. Agroworld. 2011. No. 21. Pp. 13-16.
5. Batiuk R. B. (2021). Methodical approaches to evaluating the effectiveness of foreign economic activity of agrarian enterprises. Scientific Bulletin of S.Z. Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology. Gzhitskyi. Series: Economic Sciences. Vol. 23, No. 98. P. 3-11.
6. Melnyk O. G., Peredalo H. S., Goroshko Yu. V. (2021). Evaluation of the effectiveness of management of foreign economic activity based on target indicators. Management and entrepreneurship in Ukraine: stages of formation and problems of development. No. 2(6). Pp. 72-81.

7. Mineev V. S. (2019). The leading indicators of the economic efficiency of foreign economic activity of enterprises. Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Actual problems of the development of Ukrainian society. No. 1. Pp. 107-111
8. Fedoronko N.I. (2016). Analysis of the efficiency of export and import operations. Global and national problems of economics. Iss. 10. Pp. 120-123. URL: http://global-national.in.ua/archive/10-2016/26.pdf
9. Zosimova A. V. (2018). Informational and analytical provision of assessment of foreign economic activity from the standpoint of enterprise competitiveness. Dissertation for obtaining the scientific degree of candidate of economic sciences on the specialty 08.00.04 "Economics and management of enterprises (by types of economic activity)" (08 - Economic sciences). Semyon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv.
10. Aigner Dennis, Knox Lovell C.A., Schmidt Peter. (1977). Formulation And Estimation Of Stochastic Frontier Production Function Models. Journal of Econometrics. No. 6. pp. 21-37. URL: http://surl.li/rmlao
11. National Bank of Ukraine. URL: https://bank.gov.ua/
12. State Statistics Service of Ukraine. URL: https://ukrstat.gov.ua/
13. Principal Department of Statistics in Khmelnytskyi Region. URL: http://statbrd.ic.km.ua/ukr/index.htm
14. Ministry for Communities and Territories Development of Ukraine. Rating assessment of regions. https://cutt.ly/olpWxkF

EXTENDING THE LIFE CYCLE OF A BIODEGRADABLE POLYMER - SYNTHESIS OF POLYOL RAW MATERIALS

Isbrandt M., Paciorek – Sadowska J., Borowicz M.
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy,
Wydział Inżynierii Materiałowej, Poland

Abstract. The article presents a method for the synthesis of WGLY400 eco-polyol, which was obtained as a result of the transesterification reaction of ground polylactide waste with anhydrous glycerin in the presence of a zinc stearate catalyst. The obtained eco-polyol was tested for physicochemical properties such as density, viscosity, pH, water content, organoleptic tests, including color and smell, and analytical tests including determination of hydroxyl number, acid number, molecular weight and functionality. The eco-polyol was subjected to FTIR, 1H and 13C NMR spectroscopic tests in order to confirm the assumed chemical structure. The presented research on the processing of waste polylactide from 3D printing into an eco-polyol, which is an alternative to petrochemical polyols, is an innovation that fits into the doctrines of sustainable development and Green Chemistry. It should be highlighted that the commercial use of this research will extend the "life cycle" of polylactide, which is part of the circular economy.

Keywords: eco-polyol, 3D printing waste, polylactide, polyurethanes, life cycle extending.
„This work was co-financed by the Polish Minister of Science under the program "Regional Initiative of Excellence (RID/SP/0048/2024/01)"

Introduction

The average annual production of plastics in the years 2018 - 2022 (excluding the pandemic year 2020), increased by approximately 10 million tons. It should be added that the production of biodegradable polymers increased by over 100% during this time and in 2022 amounted to 9.21 million tons. This shows the dynamic development of plastics production and the fact that in the near future we will be dealing with a large amount of polymer waste. Chemical recycling in 2022 accounted for less than 0.1%, which is only 0.4 million tons of waste. Therefore, there is enormous research potential in this area [1].

The current polymer plastics strategy focuses on an innovative circular economy in which waste is recycled and reused. The global introduction of such a waste management model will help protect our environment, reduce the amount of waste and greenhouse gas emissions, and effectively use existing resources [2].

The current challenge of the polyurethane industry is to reduce the use of raw materials from non-renewable sources in favor of raw materials from easily renewable sources. An example of this type of solutions is the replacement of petrochemical polyols in the polyurethane formulation with bio-polyols [3] based on raw materials of plant origin or obtained through chemical recycling (eco-polyols) [4].

EXPERIMENTAL PART

Materials

To synthesize eco-polyol (a new oligomeric polyhydric compound) polylactide-based 3D printing waste was used (Fig. 1). The new raw material intended for the synthesis of rigid polyurethane/polyisocyanurate foams was obtained as a result of the transesterification reaction of lactic acid monomers using anhydrous glycerin (Chempur, Piekary Śląskie, Poland). The glycolysis reaction was carried out using an anhydrous zinc stearate (Chempur, Piekary Śląskie, Poland) as a catalyst.



(a) (b)

Fig. 1. Polylactide waste from 3D printing (a), ground 3D printing waste (b)

Transesterification of polylactide waste from 3D printing

Before the reaction, polylactide waste was ground in a laboratory mill into grains with a diameter of less than 5 mm. In order to carry out the transesterification reaction, ground 3D printing waste, anhydrous glycerin and zinc stearate were placed in a 2000 cm^3 reactor equipped with a mechanical stirrer, reflux condenser and thermometer (the mass of the reactants is presented in Table 1). The mass ratio of polylactide waste to anhydrous glycerin and catalyst was 1:0.4:0.002, respectively. Then the entire reaction mixture was heated to 190°C with constant stirring with a mechanical mixer (500 rpm). The transesterification reaction (Fig. 2) was carried out until the hydroxyl number of the eco-polyol was constant. In order to determine the end of the reaction, a sample of eco-polyol was taken for analysis every 30 min. After determining the constant value of this parameter, the reaction mixture was cooled and then the synthesized eco-polyol was filtered under reduced pressure to remove the catalyst. As a result of the transesterification reaction, a liquid oligomeric polyhydric alcohol based on polylactide waste was obtained. The reaction scheme is shown in Figure 2.

Table 1. Mass of reagents used to carry out the transesterification reaction

Ground polylactide waste from 3D printing (g)	Anhydrous glycerin (g)	Zinc stearate (g)
1000.00	400.00	2.00

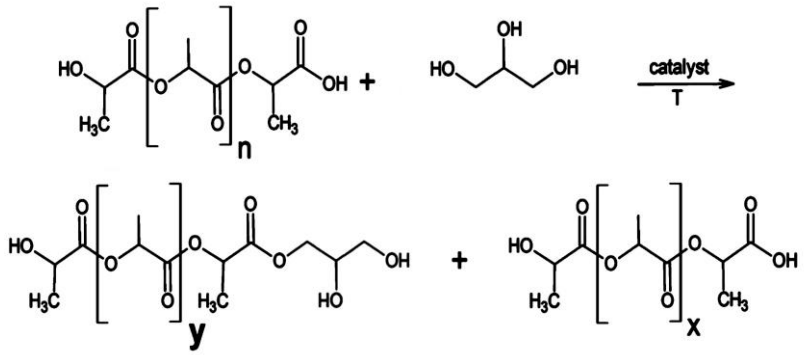


Fig. 2. Reaction scheme for transesterification of polylactide [n = y + x]

Methods

The obtained polyol raw material was subjected to analytical and spectroscopic tests. The purpose of determining the physicochemical properties of the new raw material was to characterize the basic technological parameters of the obtained eco-polyol in terms of application to the production of polyurethane materials. Analytical methods included determining:

– hydroxyl number (L_{OH}), which is a measure of the content of free hydroxyl groups or indirectly hydroxylated compounds in the tested substance. The determination was carried out

according to Purinova Ltd. standard No. WT/06/07/PURINOVA, by acylation with acetic acid anhydride in the environment of N,N'-dimethylformamide. The acetic acid obtained as a result of the hydrolysis reaction was titrated with a standard potassium hydroxide solution against thymolphthalein as an indicator.

– acid number (LK), which is a measure of the number of free carboxyl groups. The determination was carried out according to the PN-ISO 660:2010 standard. It consisted in titration of dissolved eco-polyol with an alcoholic solution of potassium hydroxide against phenolphthalein

– density, which was determined in accordance with the PN-92/C-04504 standard at a temperature of 25°C (298 K) in an adiabatic pycnometer.

– viscosity, which was determined using a digital reoviscosimeter from Fungilab. The measurement was made at a temperature of 20°C (293.15K) using a standardized DIN-87 spindle working with a ULA-DIN-87 sleeve. A constant measurement temperature was maintained using a thermostat connected to the water jacket of the sleeve.

– water content, which was determined according to the PN-81/C-04959 standard by the Carl-Fisher method using a pyridine-free reagent.

– pH, which was determined using a microprocessor laboratory pH meter (ORP/ISO/ºC) with an RS 22C connector from Hanna Instruments.

– mass average (M_w), number average (M_n) molecular weight and polydispersity (M_w/M_n) of the obtained eco-polyol, was determined by GPC (Gel Permeation Chromatography).

– color and smell of eco-polyol, which were determined as a result of organoleptic evaluation.

– functionality, i.e. the number of hydroxyl groups in one polyol molecule, was determined based on the mathematical equation contained in article [5].

In order to confirm the assumed chemical structure of the obtained new eco-polyol (Fig. 2), spectroscopic tests were also performed:

– in infrared with Fourier transformation (FTIR) and with an ATR attachment using the Nicolet iS20 spectrophotometer from ThermoScientific in the range from 400 to 4000 cm^{-1}.

– ^{1}H NMR and ^{13}C NMR nuclear magnetic resonance using a Brücker Ascend III NMR spectrometer with a frequency of 400 MHz in deuterated chloroform.

Result and discussion

One oligomeric polyhydric alcohol (WGLY400) was obtained as a result of the transesterification reaction. It was a liquid in comparison with the solid polylactide waste from 3D printing. The basic physicochemical and analytical properties of the obtained eco-polyol are presented in Table 2.

Table 2. Basic physicochemical and analytical properties obtained eco-polyol WGLY400

Eco-polyol WGLY400	
Acid number	1.97 mg KOH/g
Hydroxyl number	434.36 mg KOH/g
Water content	0.19 wt.%
Density	1.24 g/cm^3
Viscosity	39900 mPa·s
pH	6.5
Number average molecular weight (M_n)	342 g/mol
Functionality	2.65
Mass average molecular weight (M_w)	393 g/mol
Color	light-green
Smell	odorless

The color of the obtained eco-polyol depended mainly on the color of used waste. It was a mixture of all the pigments contained in the 3D printing waste used. In this case, the WGLY400 eco-polyol was light-green and had no smell. The lack of smell was due to the absence of any volatile low molecular weight products that could cause it. Eco-polyol had a hydroxyl number of 434.36 mg KOH/g. This value of this parameter proves that it can be used for the synthesis of, among others, rigid polyurethane foams. The acid number of eco-polyol WGLY400 was 1.97 mg KOH/g. It determines the free carboxyl groups present in the obtained compound. The presence of free carboxyl groups results from the fact that the polylactide transesterification reaction (promoted by the zinc stearate catalyst) was aimed at replacing the hydroxyl group from the lactic acid monomer with a hydroxyl group derived from glycerin, and not at esterifying the terminal carboxyl group. The content of carboxyl groups at the ends of the chains that did not react with glycerin caused the eco-polyol to be slightly acidic at pH=6.5. The water content in the synthesized eco-polyol was 0.19 wt.%. This is an amount that did not need to be removed using vacuum distillation. But remember to take it into account when developing the formulation in the synthesis of polyurethane materials. As a result of the transesterification reaction, water is not produced as one of the products. Its presence may be due to the fact that it was added into the system with raw materials (glycerin) or absorbed with air moisture. The density of WGLY400 eco-polyol is 1.24 g/cm^3 and its value is similar to the density of commercially available polylactide used to produce 3D printing filament. The viscosity of the synthesized eco-polyol is 39,900 mPa·s and is extremely important from the point of view of application in dosing and mixing equipment. A lower value of this parameter allows the device to operate at a lower operating pressure, which allows for more precise dosing of substrates to obtain the planned polyol:isocyanate ratio. The functionality of the obtained eco-polyol is 2.65 and this value is lower than expected because the theoretical value of this parameter should be 3, as the molecule has one hydroxyl group coming from the lactic acid monomer and two hydroxyl groups coming from the glycerin molecule. Parameters such as functionality of 2.65 and weight and number average molecular weight of 393 g/mol and 342 g/mol, respectively, would allow the production of polyurethane materials with a higher cross-linking density.

A Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) study was performed in order to confirm the characteristic functional groups in the new eco-polyol. The FTIR spectrum is presented in Figure 3.

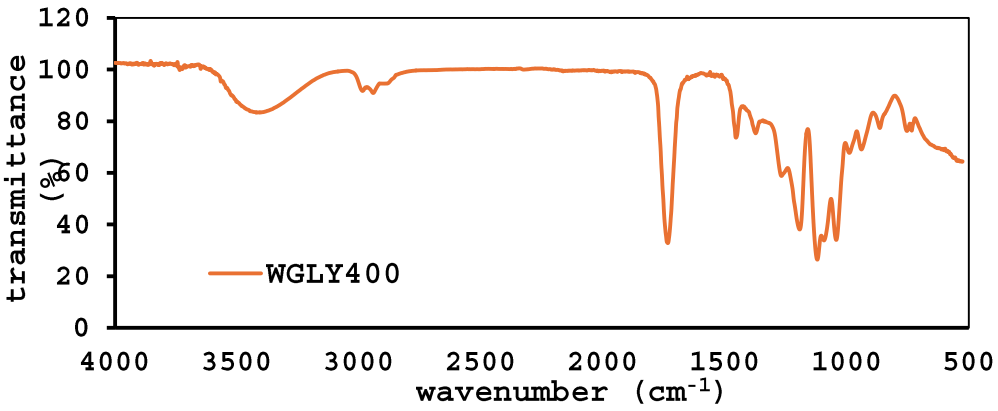
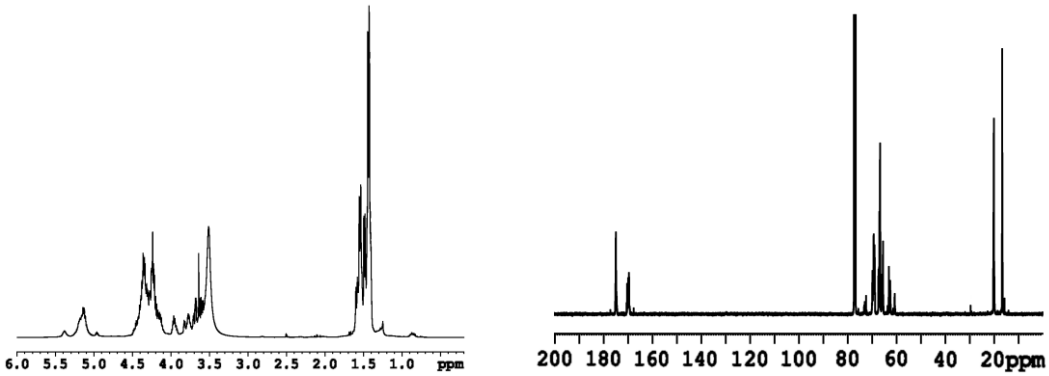


Fig. 3. FTIR spectra of WGLY400 eco-polyol

Analysis of the FTIR spectrum of WGLY400 eco-polyol showed the presence of characteristic bonds for lactide esters. The high-intensity band at 3400 cm^{-1} indicates the presence of *O–H* bonds in hydroxyl groups, which is confirmed by the determined value of the

eco-polyol's hydroxyl number. The bands in the range: 2890–3010 cm^{-1} (stretching vibrations) and 1360–1460 cm^{-1} (deformation vibrations) indicate the presence of *C–H* bonds in the molecule in the methylene (–CH_2–) and methyl (–CH_3) groups in monomers lactic acid and glycerin; 1700–1770 cm-*1* (stretching vibrations) belongs to the *C=O* carbonyl bond of the ester group between lactic acid monomers or lactic acid and glycerin; 1050–1270 cm^{-1} (stretching vibrations) belongs to the *C–O* bond of the ester group, and the band in the range of 870–930 cm^{-1} belongs to the free carboxyl group (–COOH).

^{1}H NMR and ^{13}C NMR spectroscopic analyzes were also performed in order to confirm the assumed chemical structure. The obtained NMR spectra are shown in Figure 4.



(a) (b)

Fig. 4. ^{1}H NMR (a) and ^{13}C NMR (b) spectra of WGLY400 eco-polyol

Analysis of the ^{1}H NMR spectrum (Fig. 4a) of polyhydric alcohols showed characteristic chemical shifts for:

- 5.13–5.16 ppm - protons of *α–CH* (α–methine) groups to the ester group;
- 4.32–4.42 ppm - protons of hydroxyl groups at the end of glycerin chains;
- 4.04–4.14 ppm - protons of *α–CH* (α–methine) groups to hydroxyl groups in lactic acid monomers;
- 3.80–3.95 ppm - protons of *–CH_2–* (methylene) groups of glycerin;
- 3.65–3.70 ppm - protons of glycerin methine groups;
- 3.48–3.61 ppm - protons of the hydroxyl group from lactic acid monomers;
- 1.40–1.60 ppm -protons of *–CH_3* (methyl) group from lactic acid monomers.

Analysis of the ^{13}C NMR spectrum (Fig. 4b) showed characteristic chemical shifts for:

- 174.66–177.27 ppm - carbons of carbonyl groups in free carboxyl (*–COOH*) groups;
- 167.72–170.62 ppm - carbons of carbonyl groups (*>C=O*) in ester groups;
- 77.66–78.44 ppm - carbon of the solvent used for the NMR study - deuterated chloroform (*$CDCl_3$*);
- 72.23–73.30 ppm - methine (*–CH*) carbons of glycerin;
- 68.98–70.09 ppm - carbons of α-methine (*α–CH*) group to the ester group;
- 65.55–67.45 ppm - carbons of α–methine (*α–CH*) group to the hydroxyl group at the end of the lactic acid oligomer chain;
- 60.58–63.40 ppm - carbons of methylene (*–CH_2–*) group of glycerin;
- 16.61–20.34 ppm - carbons of methyl (*–CH_3*) groups.

Conclusion

As a result of chemical recycling of 3D printing waste using the transesterification reaction, an eco-polyol was obtained with physicochemical and analytical properties similar to commercially used petrochemical polyols dedicated for the synthesis of polyurethane materials. The presented technology is consistent with the doctrines of sustainable development and Green Chemistry. It should also be highlighted that its use will extend the "life cycle" of polylactide, which is part of the circular economy.

„This work was co-financed by the Polish Minister of Science under the program "Regional Initiative of Excellence (RID/SP/0048/2024/01)"

References

1. Plastics - The Facts 2023 https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2023/ (dostęp online: 7.04 2024).
2. Calleja, D. (2019). *Why the "New Plastics Economy" must be a circular economy*. Field ACTions Sci. Rep., 19,22–27.
3. Prociak, A., Malewska, E., Kurańska, M., Bąk, S., Budny, P. (2018). *Flexible polyurethane foams synthesized with palm oil-based bio-polyols obtained with the use of different oxirane ring opener*. Industrial Crops and Products, 115, 69-77.
4. Borowicz, M., Isbrandt, M., Paciorek-Sadowska, J. (2021). *Effect of new eco-polyols based on PLA waste on the basic properties of rigid polyurethane and polyurethane/polyisocyanurate foams*. International Journal of Molecular Sciences, 22(16), 8981.
5. Borowicz M., Paciorek-Sadowska J., Isbrandt M. (2019). *Glycerolysis of Poly(lactic acid) as a Way to Extend the "Life Cycle" of This Material.* Polymers, 11, 11, 1963.

POTENCJAŁ KONCEPTUALIZACYJNY NAZW WŁASNYCH W DYSKURSIE MEDIALNYM

Jóźwiak J.[1], Kuligowska K.[2]
[1] Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Polska,
[2] Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Polska

Streszczenie. Nazwy własne występują w dyskursie zarówno w podstawowej dla nich funkcji referencjalnej jako oznaczenia różnego rodzaju jednostkowych obiektów, jak i w funkcji wykraczającej poza ich pierwotną referencjalność. W użyciu wtórnym mogą stać się nośnikami cech charakterystycznych, pozwalając wyrazić wiele w bardzo skondensowanej formie.
W referacie przedstawione zostaną wybrane aspekty rozważań, dotyczących wpływu zastosowania nazw własnych w użyciach wtórnych na sposób konceptualizacji komunikatu przez odbiorcę. Jako przykład posłużą antroponimy o proweniencji biblijnej Dawid i Goliat w odniesieniu do Ukrainy i Rosji, które znalazły szerokie zastosowanie w tekstach medialnych po napaści Rosji na Ukrainę 24 lutego 2022 roku.
Imiona Dawid i Goliat są jednostkami szczególnymi ze względu na ich związek z szeroko znanym w różnych kręgach językowo-kulturowych źródłem – Biblią, co przekłada się na powszechną rozpoznawalność jednostek, a to wpływa bezpośrednio na możliwość odczytania przez odbiorców odonimicznych konotacji.
Wykorzystanie antroponimów Dawid i Goliat w strukturze metafory konceptualnej w relacjach medialnych o działaniach militarnych na terytorium Ukrainy pozwoliło autorom tekstów przedstawiać i wyjaśniać odbiorcom w sposób przystępny sytuację na froncie, kwestie międzynarodowej pomocy w różnych sferach. Zapewniło też spojrzenie na opisywaną sytuację z określonej perspektywy interpretacyjnej, a konotacja religijna implikuje dodatkowo wartościowanie działań poszczególnych państw w kategoriach dobra i zła.
Słowa kluczowe: Dawid i Goliat, metafora, konceptualizacja dyskurs medialny.

Wprowadzenie

W szeroko pojętej komunikacji językowej nazwy własne występują często nie tylko w znaczeniu prymarnym, przez które zwykle rozumiane jest odniesienie referencjalne do konkretnego, indywidualnego denotatu, ale również w użyciach wtórnych w odniesieniu do innych obiektów rzeczywistości, co pozwala na ich swoistą konceptualizację w konkretnym akcie komunikacji językowej.

Nazwy własne są przedmiotem zainteresowania badaczy komunikacji językowej, obserwujących funkcjonowanie propriów w rozmaitych użyciach kontekstowych. W obszernej monografii, dotyczącej nazw własnych w strukturze metafory oraz procesu deonimizacji Mariusz Rutkowski przeanalizował różnorodne aspekty wtórnego wykorzystania onimów, czyli odonimiczną płaszczyznę funkcjonowania nazw własnych w medialnej odmianie języka publicznego. Badacz stwierdził między innymi, że „nazwy własne mogą być – właśnie dzięki swym właściwościom referencyjnym – szczególnie użyteczne w roli wzorców-nośników określonych cech" i są chętnie wykorzystywane jako owe wzorce ze względu na swoją syntetyczność, skrótowość – przy jednoczesnej obrazowości i wyrazistości i umożliwiają posłużenie się skondensowanym symbolem zamiast rozbudowanego opisu (Rutkowski 2007: 278).

W proponowanych rozważaniach przedmiotem zainteresowania będą skutki zastosowania nazw własnych w użyciu metaforycznym w medialnym opisie rzeczywistości i wpływ obecności onimów na konceptualizację komunikatu przez odbiorców. Podstawą do rozważań będzie stosowanie przez autorów tekstów publicystycznych antroponimów o proweniencji biblijnej *Dawid* i *Goliat* w odniesieniu do Ukrainy i Rosji po napaści Rosji na Ukrainę 24 lutego 2022 roku.

Jednostki onimiczne *Dawid* i *Goliat* są związane z szeroko znanym i ważnym dla chrześcijaństwa źródłem – Biblią, co jest istotne ze względu na stopień znajomości odniesień intertekstualnych przez odbiorców oraz na wymiar aksjologiczny. W terminologii Jurija N. Karaułowa, który wprowadził to pojęcie do dyskursu naukowego w 1987 r., mamy tu do czynienia z tzw. *tekstem precedensowym*. Takie teksty posiadają szczególne cechy, tzn,: 1) są poznawczo i emocjonalnie znaczące dla jednostki; 2) mają charakter ponadindywidualny, ponieważ są dobrze znane szerszemu otoczeniu danej jednostki, w tym jej antecedentom i współczesnym oraz 3) są wielokrotnie przywoływane w dyskursie określonej tzw. osobowości językowej, czyli często pojawiają się w komunikacji międzyludzkiej (Karaułow 2007: 216).

Jak zauważa A. Kiklewicz, „precedensowy charakter kluczowych tekstów kultury polega na tym, że, że w sposób skondensowany wyrażają one najważniejsze dla danej grupy społecznej pojęcia, a więc funkcjonują jako punkty odniesienia, wzorce interpretacji nowych sytuacji i zdarzeń" (Kiklewicz 2012:90).

Między innymi ze względu na powszechną rozpoznawalność, imiona *Dawid* i *Goliat* znalazły się w przedstawionym przez E. Bogdanowicz rejestrze konotacji nazewniczych, uwzględniającym w artykułach hasłowych treści konotacyjne, łączone z danym onimem oraz notację podstawowych informacji, dotyczących prymarnego denotatu nazwy własnej z uwypukleniem treści, które legły u podstaw konotacji (Bogdanowicz 2017, s. 82-83). Według wspomnianego zestawienia, obecność onimu *Dawid* w tekstach prasowych ujawniła dwie konotacje: 1. 'strona potencjalnie słabsza, delikatniejsza, przy konfrontacji skazana na porażkę', 2. 'ktoś, kto ma nadzieję na wygraną pomimo niesprzyjających okoliczności'. W informacji podstawowej czytamy: (Dawid, postać biblijna, król Izraela, jako jedyny stanął do walki z filistyńskim olbrzymem Goliatem i pokonał go) (s. 93). Natomiast artykuł hasłowy *Goliat* prezentuje się następująco: Goliat 'ktoś potężny, z pozoru trudny do pokonania', (Goliat, biblijny olbrzym, pokonany przez teoretycznie słabszego Dawida) (s. 97). Zdaniem badaczki, źródłem metafor skonstruowanych w oparciu o analizowane nazwy osobowe są okoliczności, jakie towarzyszyły nierównej walce Dawida z Goliatem, w której pierwszy był stroną słabszą, skazaną na nieuchronną klęskę, ale pomimo przeciwności zwycięską, drugi zaś – symbolem trudnej do pokonania siły i potęgi" (s. 200). Należy w tym miejscu zaznaczyć, że konotacje onimiczne związane są z pozajęzykową wiedzą o obiekcie – prymarnym denotacie nazwy, przy czy zarówno szczegółowa, jak i ogólna wiedza na ten temat pozwala na ich odszyfrowanie (bardziej lub mniej dokładne) przez potencjalnego odbiorcę komunikatu.

Wymienione wyżej konotacje odproprialne rzeczywiście ujawniają się w tekstach medialnych, a opisane w Biblii starcie Dawida z Goliatem pełni rolę kontekstu precedensowego (Kiklewicz 2020: 20). Według badacza, jest to kontekst specyficzny, ponieważ zachowywany jest w pamięci kolektywnej i bardziej lub mniej regularnie odtwarzany w dyskursach w związku z omawianiem określonych zagadnień, zjawisk, stanów rzeczy. W toku przedstawianej analizy mówimy więc o odniesieniu do precedensowej sytuacji starcia słabszego z silniejszym, które niespodziewanie dla wszystkich obserwatorów kończy się zwycięstwem niedocenianego słabszego.

Wybuch wojny tuż za granicą Unii Europejskiej wstrząsnął społecznością międzynarodową, wywołał strach i obawę przed przyszłością. Potencjał konceptualizacyjnyny analizowanych antroponimów okazał się bardzo przydatny do wyjaśnienia opinii publicznej zaistniałej sytuacji. W komunikacji medialnej metafora biblijna pozwoliła autorom tekstów publicystycznych (nawet bez przywoływania szczegółowych danych statystycznych) na wstępną ocenę potencjału i zdolności militarnych nierównych pod wieloma względami stron – Rosji i Ukrainy, a więc odnosiła się do wielkości państw, cech kwantytatywnych i rodzaju uzbrojenia. W początkowej fazie wynik starcia wydawał się przesądzony, a Ukraina skazana na niepowodzenie. Jednak gdy obrońcy Ukrainy stawili skuteczny opór, w mediach zaczęły

pojawiać się nagłówki z biblijnymi antroponimami Dawid i Goliat, które stały się jednocześnie wykładnikami nowej perspektywy interpretacyjnej aktualnej sytuacji. W dniu napaści Rosji na Ukrainę ukazał się tekst Andrzeja Kozłowskiego „Czy Ukraina ma szanse w starciu z Rosją? Na papierze to pojedynek Dawida z Goliatem”[1]. Później również regularnie stosowano omawianą metaforę, por. przykładowo tytuł artykułu Tomasza Leszkowicza „Dawid i Goliat, czyli skuteczny opór mniejszych”[2]

Ze względu na wspomniany wyżej charakter źródła, z którego pochodzą analizowane antroponimy, czyli Biblii jako tekstu kultury, znajomość prezentowanych w nim treści można uznać za powszechną nie tylko w kręgach kultury chrześcijańskiej. Potwierdzeniem tego faktu może być wystąpienie prezydenta Ukrainy Wołodymyra Zełenskiego na forum międzynarodowym w Monachium podczas Konferencji Bezpieczeństwa. Należy w tym miejscu podkreślić, że przywódca Ukrainy często i z dużym wyczuciem wykorzystuje elementy językowe uwarunkowane kulturowo, zwracając się do przywódców i społeczności poszczególnych państw. Również podczas wspomnianej konferencji w Monachium, zdając sobie sprawę z tego, że jego słowa trafią do serwisów informacyjnych różnego rodzaju mediów w wielu krajach świata, Zełenski posłużył się omawianą metaforą, wykorzystując jej potencjał konceptualizacyjny, będąc pewnym odczytania konotacji nazewniczych w międzynarodowym środowisku.

Należy podkreślić, że budząca nadzieję na zwycięstwo pomimo przewagi agresora narracja medialna o wojnie w Ukrainie jest narracją o charakterze międzynarodowym. Możemy mówić nawet o procesie konwencjonalizacji metafory biblijnej Dawida i Goliata na gruncie międzynarodowym w odniesieniu do Ukrainy i Rosji. Świadczy o tym sama nazwa panelu dyskusyjnego na 59. Monachijskiej Konferencji Bezpieczeństwa (17.02.2023), zatwierdzona przez organizatorów, czyli „Dawid nad Dnieprem” („David on the Dnipro”), w trakcie którego transmitowane było zdalne przemówienie Wołodymyra Zełenskiego do uczestników konferencji. Początek wystąpienia zabrzmiał następująco:

> This panel discussion is called 'David on the Dnipro'. I consider it as a rightful respect to Ukraine and to everything our people are doing.
>
> But this year determination was shown on different banks — and not only of the Dnipro. Spree and Seine, Thames and Potomac, Vistula and Tiber — David is now all of us, he is a whole free world. David is everyone who felt that there is no alternative but to defeat Goliath, who came to destroy our life[3],

co zostało w polskiej wersji przekazane następująco:

> - Ten panel dyskusyjny nosi nazwę "Dawid nad Dnieprem". Uważam to za oddanie prawowitego szacunku (rightful respect) Ukrainie i wszystkiemu, co robią nasi ludzie. W tym roku pokazano determinację na różnych brzegach, nie tylko Dniepru – zaznaczył podczas piątkowego wystąpienia Wołodymyr Zełenski.
>
> Jak podkreślił polityk, "Dawid to obecnie każdy z nas – jest całym wolnym światem". Zaznaczył, że nie ma innej alternatywy "niż pokonanie Goliata, który pojawił się, by zniszczyć nasze życie".[4]

---

[1] A. Kozłowski, *Czy Ukraina ma szanse w starciu z Rosją? Na papierze to pojedynek Dawida z Goliatem*, dostęp: 28.02.2022, https://geekweek.interia.pl/militaria/news-czy-ukraina-ma-szanse-w-starciu-z-rosja-na-papierze-to-pojed,nId,5834224

[2] T. Leszkowicz, Dawid i Goliat, czyli skuteczny opór mniejszych, „Monitor” (31.03.2022), https://www.monitorlocalnews.com/dawid-i-goliat-czyli-skuteczny-opor-mniejszych, dostęp: 15.04.2023.

[3] "We are all David": Volodymyr Zelensky's Speech at MSC 2023|BR24. https://www.youtube.com/watch?v=chYIebgMsFA , https://www.youtube.com/watch?v=uFtSjMnBnfk [Dostęp 07.08.2023

[4] M. Kozłowski (oprac.), *Monachium. Zełenski o „ukraińskim Dawidzie i rosyjskim Goliacie”. „Nie mamy jeszcze procy od Izraela”* Gazeta.pl (17.02.2023).

Przytoczony powyżej fragment wypowiedzi przywódcy Ukrainy pokazuje, jak szeroki może być zakres odniesień i konceptualizacji dzięki wykorzystaniu metafory biblijnej Dawida i Goliata, która zresztą była konsekwentnie rozwijana przez prelegenta w dalszej części przemówienia. Taka strategia perswazyjna i nawiązanie do biblijnego źródła jest oczywiście dokładnie przemyślane i pozwala na przedstawienie, zrozumienie, objaśnienie różnych złożonych kwestii społeczności międzynarodowej w określonej ramie interpretacyjnej.

Jak stwierdziła E. Bogdanowicz, „Konotacja nazewnicza jako nośnik metaforyczny często przekazuje jakiś rodzaj wartościowania i w rezultacie wyrażenie przenośne z onimem, z którym jest powiązana, nie tylko odsłania pewne oblicze rzeczy lub zjawiska, ale też ukazuje swój przedmiot odniesienia w pewnej perspektywie aksjologicznej, narzucając tym samym odbiorcom metafor określoną postawę wartościującą. (Bogdanowicz 2016 : 169).

Wnioski

W prezentowanych relacjach o napaści Rosji na Ukrainę oraz w wielu innych fragmentach biblijne antroponimy zastąpiły nazwy państw uwikłanych w konflikt zbrojny. Mamy tu do czynienia z oderwaniem nazwy od prymarnego denotatu i wtórne jej przypisanie do innego obiektu (zauważmy, że wcale nie do innej osoby, ale do państwa jako całości), przy czym jedna i druga nazwa stała się jednocześnie nośnikiem określonych wartości semantycznych. Należy jednakże podkreślić, że w nowych kontekstach związek z denotatami nie został zerwany całkowicie, ponieważ znajomość prymarnego związku denotacyjnego była niezbędna do odkodowania użycia wtórnego.

W dyskursie medialnym o przebiegu wojny, czyli w komunikacji o charakterze świeckim, zastosowanie imion Dawid i Goliat, a więc jednostek z konotacją religijną, a także prezentowanie różnych aspektów działań militarnych z wykorzystaniem metafory biblijnej implikuje wartościowanie za pomocą opozycji dobro-zło i nakłania odbiorcę do interpretacji opisywanej rzeczywistości z określonej perspektywy: Ukrainie przypisywane są cechy Dawida, a Rosji – cechy Goliata.

Przedstawione przykłady oczywiście w żaden sposób nie wyczerpują kwestii metaforycznego użycia antroponimów *Dawid* i *Goliat*, sygnalizują jedynie wręcz nieograniczony potencjał konceptualizacyjny nazw w użyciach wtórnych. Różne aspekty wykorzystania analizowanej metafory biblijnej są przedmiotem oddzielnych badań autorek.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu
„Regionalna inicjatywa doskonałości”

Bibliografia

1. Bogdanowicz E. (2016). Metafory z nazwami własnymi w strukturze jako wykładnik wartościowania (na materiale polskiej i rosyjskiej publicystyki prasowej). „Studia Wschodniosłowiańskie”, t. 16. Białystok. Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku.

https://wiadomosci.gazeta.pl/wiadomosci/7,114881,29476440,monachium-zelenski-o-ukrainskim-dawidzie-i-rosyjskim-goliacie.html [Dostęp: 07.08.2023].

2. Bogdanowicz E. (2017). Konotacje nazw własnych (na materiale publicystyki prasowej). Białystok. Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku.
3. Karaułow Ju. N.: Караулов Ю.Н. (1987). Русский язык и языковая личность. Москва. Издательство ЛКИ.
4. Kiklewicz A. (2012). Język w komunikacji interkulturowej, [w:] „Acta Neophilologica, XVI (1). Olsztyn. Wydawnictwo UWM.
5. Kiklewicz A. (2020). Znaczenie jednostki leksykalnej a tekst precedensowy, [w:] „Język polski", Rocznik C, z. 2., s. 20-32, https://jezyk-polski.pl/index.php/jp/article/view/272 [Dostęp: 05.05.2023].
6. Kozłowski A. (2022). Czy Ukraina ma szanse w starciu z Rosją? Na papierze to pojedynek Dawida z Goliatem. https://geekweek.interia.pl/militaria/news-czy-ukraina-ma-szanse-w-starciu-z-rosja-na-papierze-to-pojed,nId,5834224 [Dostęp: 28.02.2022].
7. Leszkowicz T. (2022). Dawid i Goliat, czyli skuteczny opór mniejszych, „Monitor" (31.03.2022), https://www.monitorlocalnews.com/dawid-i-goliat-czyli-skuteczny-opor-mniejszych [Dostęp: 15.04.2023].
8. Kozłowski M. (oprac.) (2023). Monachium. Zełenski o „ukraińskim Dawidzie i rosyjskim Goliacie". „Nie mamy jeszcze procy od Izraela". Gazeta.pl (17.02.2023). https://wiadomosci.gazeta.pl/wiadomosci/7,114881,29476440,monachium-zelenski-o-ukrainskim-dawidzie-i-rosyjskim-goliacie.html [Dostęp: 07.08.2023].
9. Rutkowski M. (2018). Nazwy własne w strukturze metafory i metonimii. Proces deonimizacji. Olsztyn. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego.
10. Zelensky V. (2023). "We are all David": Volodymyr Zelensky's Speech at MSC 2023|BR24. https://www.youtube.com/watch?v=chYIebgMsFA , https://www.youtube.com/watch?v=uFtSjMnBnfk [Dostęp 07.08.2023

WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWZUŻYCIOWE I EKSPLOATACYJNE POWŁOK DLC

Kalinowski A.[1], Radek N.[1], Paraska O.[2]
[1] Kielce University of Technology, Poland
[2] Khmelnytskyi National University, Ukraine

Streszczenie. W pracy przedstawiono badania dotyczące wykorzystania powłok diamentopodobnych, osadzanych za pomocą procesu fizycznego osadzania z fazy gazowej (PVD), na próbkach wykonanych ze stali nierdzewnej 4H13. Ocena właściwości powłok DLC opierała się na analizie mikrostruktury, pomiarach nanotwardości i chropowatości oraz testach tribologicznych. Wyniki badań wykazały znaczną poprawę właściwości tribologicznych po zastosowaniu powłok diamentopodobnych. Dodatkowo, powłoki te cechują się brakiem porowatości i mikropęknięć, wysoką nanotwardością oraz niską chropowatością. Z uwagi na te właściwości, powłoki DLC mogą być używane do zabezpieczania powierzchni części maszynowych.
Słowa kluczowe: PVD, powłoki DLC, właściwości, nanotwardość.

Wprowadzenie

Powłoki diamentopodobne DLC znajdują obecnie szerokie zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Dzięki ich unikalnym cechom, takim jak wysoka twardość, niski współczynnik tarcia oraz odporność na zużycie, są powszechnie wykorzystywane w przemyśle, zwłaszcza tam, gdzie części maszyn narażone są na intensywne zużycie. Powłoki DLC są nietrwałą formą amorficznego węgla, składającą się z mieszanki wiązań sp^2 charakterystycznych dla grafenu oraz wiązań sp^3, występujących w diamentach. Zależnie od proporcji tych wiązań, powłoki DLC wykazują różne właściwości tribologiczne. Najbardziej wytrzymałą i twardą formą jest mieszanina znana jako amorficzny tetraedryczny węgiel ta-C, zawierająca około 70% wiązań sp^3. Ze względu na zawartość węgla same powłoki DLC nie wykazują wysokiej odporności na działanie wysokich temperatur. Aby poprawić ich stabilność termiczną, dodaje się domieszki niemetali, takich jak wodór, bor, azot, fosfor, fluor i siarka, lub metali, takich jak miedź, nikiel, wolfram, tytan, molibden, krzem, chrom i niob.

Można stwierdzić, że powłoki DLC znajdują zastosowanie w różnych dziedzinach, gdzie istotne jest zmniejszenie tarcia i zużycia części. Wykorzystuje się je na powierzchniach form wtryskowych, a ich właściwości elektryczne i biokompatybilność sprawiają, że zyskują one na popularności w medycynie. W przemyśle, są one używane na powierzchniach części maszyn, takich jak łożyska, cylindry, tłoki, koła zębate i uszczelnienia mechaniczne. Dodatkowo, stosuje się je także na narzędziach tnących, formach wtryskowych oraz w parach tribologicznych poruszających się względem siebie ślizgowo.

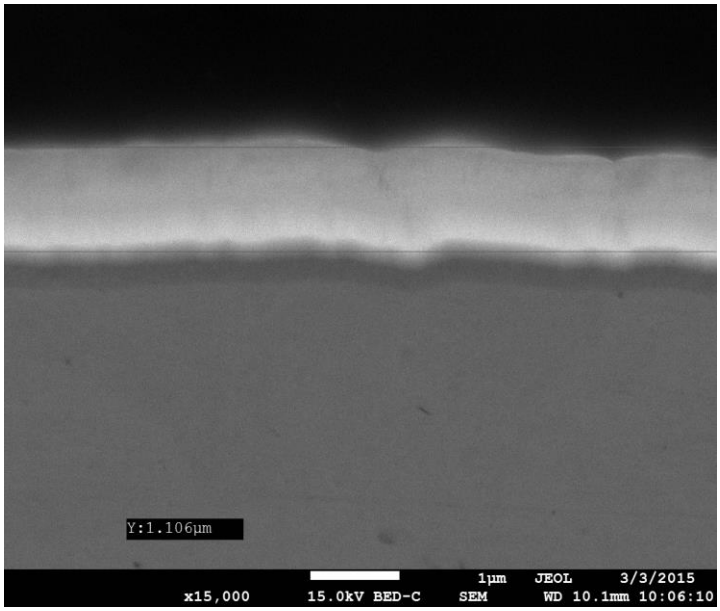
Badanie

W badaniach wybrano materiały o właściwościach przeciwzużyciowych, przeznaczone do pracy w węzłach tarcia, na których zastosowano powłoki diamentopodobne (DLC) typu a-C:H z warstwą pośrednią W i Cr, nanoszone za pomocą procesu fizycznego osadzania z fazy gazowej PVD. Warstwa z amorficznego węgla uwodornionego (a-C:H), nazywana także powłoką węglowopodobną, charakteryzuje się wysokimi parametrami mechanicznymi. Materiałem podłoża był stop stali nierdzewnej 4H13, którego skład chemiczny wynosił (% wag.):
C: 0,36-0,45; Mn: 0,50-0,80; Cr: 12,0-14,0; Si: 0,60-0,80; Mo: 0,5-0,7; V: 0,2- 0,3; Ni: 0,1-0,60; P: max. 0,04, S: max. 0,03, reszta to Fe. Proces nakładania cienkich powłok przeciwzużyciowych PVD odbywał się w podwyższonych temperaturach, co powodowało

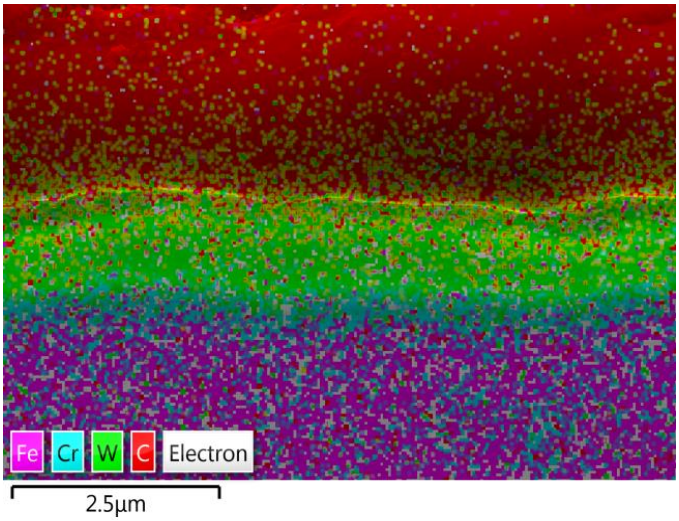
odpuszczanie warstw wierzchnich i obniżenie ich twardości. Powłoki DLC uzyskano w następujących procesach i temperaturach:

- a-C: H w procesie fizycznego osadzania z fazy gazowej PVD za pomocą metody rozpylania jonów w temperaturze poniżej 300 °C,
- temperatura materiału podłoża wynosiła 350 °C.

Na rys. 1 przedstawiono mikrostrukturę badanej powłoki DLC, a na rys. 2 rozkład pierwiastków w powłoce DLC. Grubość powłoki wynosiła około 2,5µm. Międzywarstwy z wolframu oraz chromu zostały nałożone w celu zwiększenia przyczepności powłoki do podłoża.



Rys. 1. Mikrostruktura powłoki DLC



Rys. 2. Rozkład pierwiastków w powłoce DLC

Wytwarzanie powłok o pożądanych właściwościach mikromechanicznych stanowi wyzwanie badawcze. W procesie produkcyjnym istotne jest określenie kontrolowanych parametrów i pożądanych właściwości, jakie mają zostać osiągnięte przez powstałą powłokę. Z uwagi na mnogość kontrolowanych parametrów oraz ich różnorodne wartości, istnieje wiele kombinacji, co prowadzi do wysokich kosztów produkcji.

Pomiary nanotwardości próbki oraz modułu Younga zostały przeprowadzone za pomocą nanotestera twardości firmy NANOVEA. Badania zostały wykonane przy ustalonych parametrach, takich jak obciążenie liniowe o maksymalnym obciążeniu wynoszącym 3,2 mN, prędkość obciążenia i odciążenia 40 mN/min oraz czas przerwy pomiędzy kolejnymi cyklami obciążenia i odciążenia równy 3 s. Na podstawie 10 pomiarów obliczono średnie wartości nanotwardości i modułu Younga. Nanotwardość została określona na podstawie głębokości penetracji wgłębnika, natomiast moduł sprężystości wzdłużnej został wyznaczony przez nachylenie krzywej odciążenia. Tabela 1 zawiera średnie wartości nanotwardości i modułu Younga, wraz z błędem standardowym.

Tabela 1. Wartości nanotwardości i modułu sprężystości wraz z błędem standardowym

Materiał	Nanotwardość [GPa]	Moduł Younga [GPa]
Powłoka DLC	7,55 ± 0,10	92,87 ± 2,05
stal 4H13	5,60 ± 0,40	44,00 ± 4,30

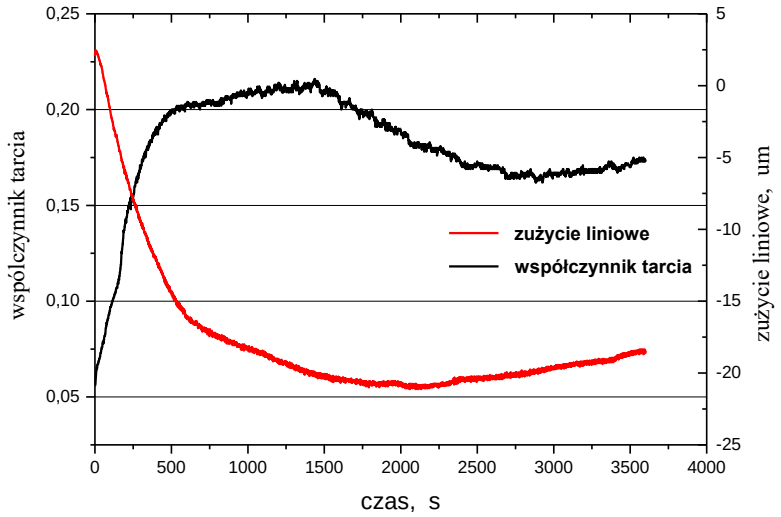
Analizując Tabelę 1 można zauważyć, że nanotwardość powłoki DLC była około 26% wyższa niż nanotwardość stali nierdzewnej 4H13. Podobną tendencję można zaobserwować porównując wartości modułów Younga dla powłoki DLC i stali 4H13.

Badania oporu tarcia (technicznie suchego) przeprowadzono na testerze tribologicznym T-01M, wykorzystując układ kulka-pierścień. Próbki składały się z pierścieni wykonanych ze stali nierdzewnej 4H13, na które nałożono powłoki DLC. Kulka o średnicy 6,3 mm wykonana była ze stali 100Cr6 i pełniła rolę przeciwpróbki.

Badania na testerze przeprowadzono przy następujących parametrach tarcia:

- prędkość liniowa v= 0,8 m/s,
- czas próby t = 3600 s,
- zakres zmian obciążenia Q = 4,9 N; 9,8 N; 14,7 N.

Przykładowy wykres (rys. 3) przedstawia zmiany współczynnika tarcia i zużycia liniowego w funkcji czasu dla obciążenia wynoszącego 4,9 N.



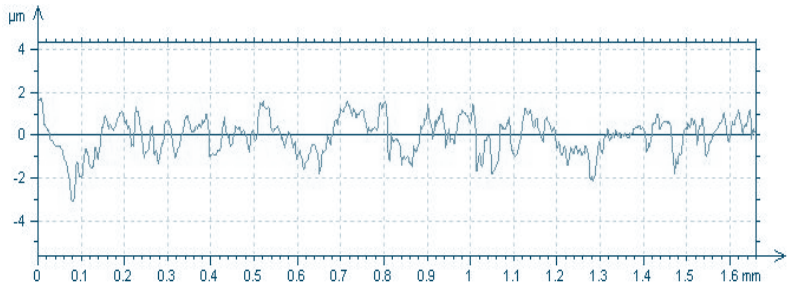
Rys. 3. Współczynnik tarcia i zużycie liniowe próbki z powłoką DLC w funkcji czasu

W trakcie tarcia technicznie suchego badanych powłok doszło do przekształcenia technologicznej warstwy powierzchniowej (TWP) w eksploatacyjną warstwę powierzchniową (EWP). Ten efekt był głównie wynikiem nacisków, prędkości ślizgania oraz oddziaływania

atmosfery bliskiej na badaną powierzchnię. Zaobserwowano stabilizację stanu przeciwzużyciowej warstwy powierzchniowej (PWP).

Na wykresie (rys. 3) można zauważyć, że stabilizacja współczynnika tarcia występuje po około 2700 sekundach, a jego wartość oscyluje w zakresie 0,16÷0,18. Przebieg zużycia liniowego jest wykładniczy.

Pomiary chropowatości powierzchni przeprowadzono w Laboratorium Komputerowych Pomiarów Wielkości Geometrycznych Politechniki Świętokrzyskiej. Wykorzystano przyrząd optyczny Talysurf CCI, oparty na metodzie koherentnej interferometrii korelacyjnej, umożliwiający pomiar z rozdzielczością w osi dochodzącą do 10 µm. Chropowatość mierzono w dwóch prostopadłych kierunkach, a następnie obliczono średnią wartość, która wynosiła Ra = 0,60÷0,66 µm. Porównując, próbki ze stali nierdzewnej 4H13 charakteryzowały się chropowatością od 0,41 do 0,43 µm. Rysunek 4 przedstawia przykładowy dwuwymiarowy pomiar mikrogeometrii powierzchni powłoki DLC. W tabeli 2 zawarto najważniejsze średnie parametry chropowatości uzyskanej warstwy powierzchniowej. Niskie wartości tych parametrów dla powłoki DLC mają istotny wpływ na jej właściwości mechaniczne.

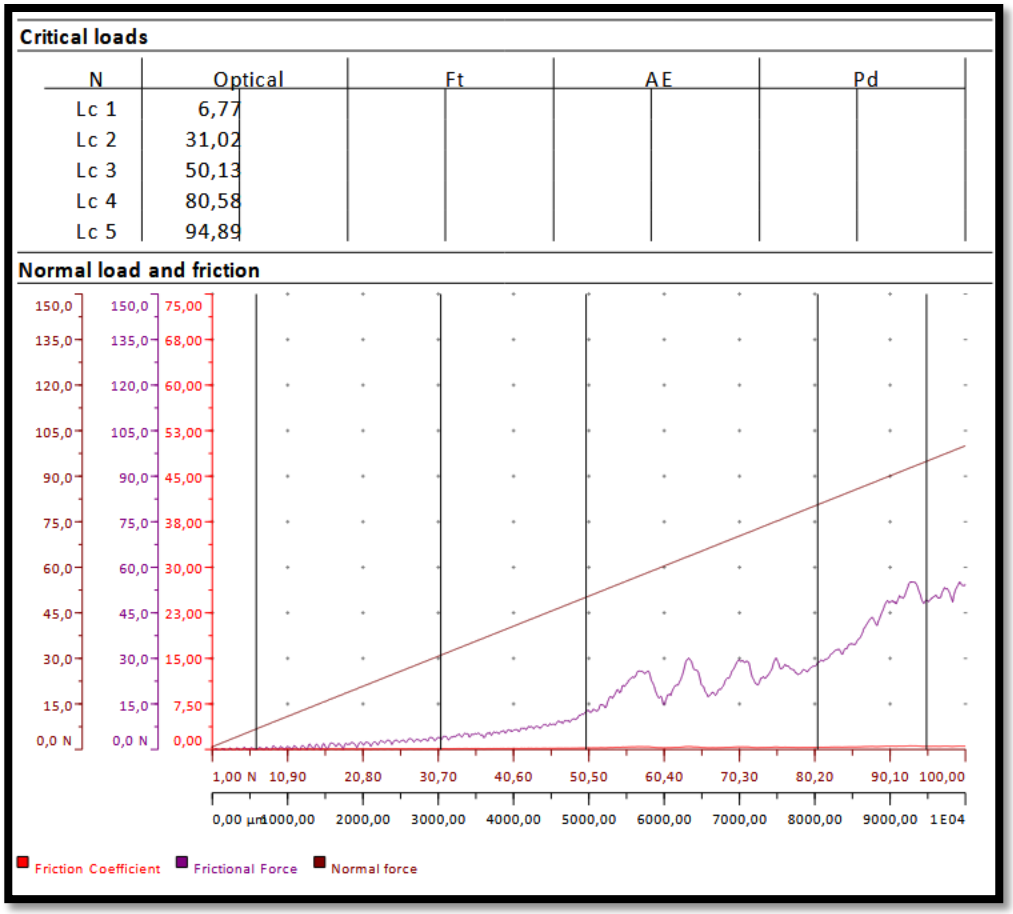


Rys. 4. Profil chropowatości powłoki DLC

Tabela 2. Parametry profilu chropowatości powłoki DLC

Parametry chropowatości	**Powłoka DLC**
Rp [µm]	1,81
Rv [µm]	2,33
Rz [µm]	4,14
Rc [µm]	1,91
Rt [µm]	4,86
Ra [µm]	0,66
Rq [µm]	0,81
Rsk	-0,39
Rku	2,74

Następnie przeprowadzono test zarysowania przygotowanej próbki (rysunek 5). Test zarysowania pozwala na pomiar przyczepności powłoki. Polega on na wywieraniu nacisku penetratorem ze stopniowym zwiększaniem siły normalnej i pomiarze siły oporu materiału, aż do pęknięcia powłoki. Zmierzono siłę graniczną - jest to najmniejsza siła normalna, która powoduje utratę przyczepności powłoki do podłoża. Można zauważyć, że gdy siła jest większa niż 50 N (fioletowa linia), powłoka zaczyna tracić przyczepność.



Rys. 5. Test zarysowania powłoki DLC

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- powłoki DLC posiadały jednorodną strukturę i były pozbawione wad,
- grubość naniesionej warstwy metodą PVD wyniosła około 2,5 µm,
- średnia wartość współczynnika tarcia (w momencie stabilizacji) uzyskana podczas badań tribologicznych dla warstwy powierzchniowej DLC mieściła się w przedziale 0,16÷0,18,
- warstwy z amorficznego węgla uwodornionego posiadały niską chropowatością i wysoką nanotwardość,
- powłoka zaczęła tracić przyczepność z podłożem przy obciążeniu większym niż 50 N,
- dalsze badania autorów będą ukierunkowane na określenie odporności na korozję i erozję powłok DLC.

Bibliografia

1. Rajak D.K., Kumar A., Behera A., Menezes P.L. (2021), Diamond-Like Carbon (DLC) Coatings : Classification , Properties , and Applications, Applied Sciences.
2. Kaneko M., Hiratsuka M., Alanazi A., Nakamori H., Namiki K., Hirakuri K., (2021) Surface reformation of medical devices with DLC coating, Materials, 2021.

3. Ishihara M., Kosaka T., Nakamura T., Tsugawa K., Hasegawa M., Kokai F., Koga Y., (2006) Antibacterial activity of fluorine incorporated DLC films, Diamond and Related Materials.
4. Ferreira R., Almeida R., Carvalho Ó., Sobral L., Carvalho S., Silva F., (2021) Influence of a DLC coating topography in the piston ring/cylinder liner tribological performance, Journal of Manufacturing Processes.
5. Brzezinka T.L., Rao J., Paiva J.M., Kohlscheen J., Fox-Rabinovich G.S., Veldhuis S.C., Endrino J.L., (2019) DLC and DLC-WS2 coatings for machining of aluminium alloys, Coatings.
6. Hegr E., Studeny Z., Nguyen H.C., Prochazka J., Adam J., (2020) Evaluation of dlc coating for parts of weapons and military equipment, METAL, 29th International COnference on Metallurgy and Materials.
7. Molpeceres, C., Lauzurica, S., García-Ballesteros, J. J., Morales, M., Ocaña, J. L. (2007). Advanced 3D micromachining techniques using UV laser sources. Microelectronic Engineering.
8. Radek, N., Sladek, A., Broncek, J., Bilska, I., Szczotok, A. (2014). Electrospark alloying of carbon steel with WC-Co-Al2O3: deposition technique and coating properties. Advanced Materials Research.
9. Madej, M., Ozimina, D., Kurzydłowski, K., Płociński, T., Wieciński, P., Styp-Rekowski, M., Matuszewski, M. (2015). Properties of diamond-like carbon coatings deposited on CoCrMo alloys. Transactions of FAMENA.
10. Martin Vicen, Jozef Bronček, Otakar Bokůvka, Ružica Nikolić, Norbert Radek (2021). Tribological Behaviour of the Sucaslide Diamond-like Carbon Coating. Transactions of FAMENA.

OCENA WPŁYWU RODZAJU I JAKOŚCI PODKŁADU NA WŁASNOŚCI POWŁOK LAKIERNICZYCH

Kałaczynski T.[1], Liss M.[1], Łukasiewicz M.[1], Mazurkiewicz A.[1], Dykha A.[2]
[1] Bydgoszcz University of Science and Technology, Poland
[2] Khmelnitskyi National University, Ukraine

Streszczenie. Lakiernictwo samochodowe to szereg procesów, które prowadzą do wytworzenia na pojeździe powłoki lakierniczej. Powłoka lakiernicza wytworzona w fabryce, gdzie samochód został wyprodukowany nazywana jest powłoką produkcyjną, natomiast powłoka wytworzona w warsztacie lakierniczym nazywana jest powłoką naprawczą lub renowacyjną. Normy określają, że powłoki naprawcze i renowacyjne nie powinny odbiegać od wymagań technicznych i estetycznych stawianych powłokom produkcyjnym. Co oznacza, że jeśli powłoka produkcyjna ma określone właściwości ochronne, dekoracyjne lub antykorozyjne to powłoka naprawcza powinna także te właściwości spełniać. Technologie używane do wytworzenia wspomnianych powłok różnią się od siebie. Przede wszystkim jest to spowodowane innymi możliwościami aplikacji (nakładania) lakieru w fabryce i warsztacie naprawczym, a także zastosowaniem różnych rodzajów produktów czy metod nakładania. Pomimo tych różnic, wykonana powłoka, przy zachowaniu zaleceń producentów dotyczących produktów i metod, posiada takie same walory estetyczne i własności techniczne jak powłoka produkcyjna.
Rozwój rynku samochodowego, a także używanej do produkcji lakierów chemii, doprowadził do powstania ogromnej ilości kolorów. Jednakże producenci przy wprowadzaniu nowego koloru, przekazują producentom lakierów używanych do wytwarzania powłok naprawczych odpowiednie próbki, które umożliwiają opracowanie receptur, niezbędnych do wykonania renowacji. Podchodząc realnie do kwestii koloru, praktycznie nie ma takiej możliwości, aby w każdym warsztacie produkującym lakier utrzymać idealnie takie same warunki, dlatego mówi się o odcieniach koloru, które skutecznie utrudniają osiągniecie zadowalającego efektu końcowego przy lakierowaniu naprawczym. Rozwiązaniem na takie problemy są odpowiednie metody wylakierowań, które umożliwiają zniwelowanie różnic w poszczególnych odcieniach koloru. Pochłaniają one zazwyczaj więcej czasu i większego nakładu pracy przygotowawczej, lecz zapewniają żądany końcowy efekt wizualny, bez naruszenia jakości powłoki lakierowej.
Obecnie na rynku dostępne są różne rodzaje podkładów lakierniczych. Każdy z nich ma swoje unikalne właściwości. Podkłady epoksydowe posiadają dobre właściwości antykorozyjne, ale są za to trudne w obróbce. Podkłady poliuretanowe są bardziej elastyczne niż podkłady epoksydowe, ale z kolei są mniej odporne na korozję. Podkłady akrylowe są łatwe w obróbce i mają dobre właściwości mechaniczne, ale wykazują mniejszą odporność na korozję niż podkłady epoksydowe i poliuretanowe.
W artykule dokonano egzemplifikacji metodyki ocena wpływu rodzaju i jakości podkładu na własności powłok lakierniczych poprzez charakterystykę lakiernictwa samochodowego, opisem dostępnych metod aplikacji powłok lakierniczych i materiałów lakierniczych. Ważnym elementem tego procesu jest przedstawienie studium metod oceny jakości powłok lakierniczych. Opis metodyki badań z przedstawioną klasyfikacją i analiza wyników badań pozwolił na dokonanie oceny wpływu rodzaju i jakości podkładu na własności powłok lakierniczych.
Słowa kluczowe: powłoka lakiernicza, lakiernictwo samochodowe, powłoka ochronna, materiały lakiernicze

Wprowadzenie

W obliczu dynamicznych zmian zachodzących w dzisiejszym środowisku przemysłowym, doskonałość procesów produkcyjnych jest nie tyle celem, co kluczowym czynnikiem determinującym konkurencyjność przedsiębiorstw. W tym kontekście, szczególne znaczenie ma jakość końcowych wyrobów, o której między innymi decyduje powłoka lakiernicza.Odpowiada ona za jego wygląd, trwałość i ochronę przed korozją. Właściwości powłoki lakierniczej zależą od wielu czynników, w tym od rodzaju podkładu, na którym została nałożona. Warstwa podkładu pełni kilka ważnych funkcji:

- zapewnia przyczepność do podłoża,

- zapewnia przyczepność między warstwową,
- zabezpiecza powierzchnię antykorozyjnie.

Obecnie na rynku dostępne są różne rodzaje podkładów lakierniczych. Każdy z nich ma swoje unikalne właściwości. Podkłady epoksydowe posiadają dobre właściwości antykorozyjne, ale są za to trudne w obróbce. Podkłady poliuretanowe są bardziej elastyczne niż podkłady epoksydowe, ale z kolei są mniej odporne na korozję. Podkłady akrylowe są łatwe w obróbce i mają dobre właściwości mechaniczne, ale wykazują mniejszą odporność na korozję niż podkłady epoksydowe i poliuretanowe.

W kontekście doskonalenia efektywności procesów lakierniczych, istotnym aspektem są właściwości podkładu, na którym aplikowane są warstwy lakiernicze.

Charakterystyka lakiernictwa samochodowego

Lakiernictwo samochodowe to szereg procesów, które prowadzą do wytworzenia na pojeździe powłoki lakieroniczej. Powłoka lakiernicza wytworzona w fabryce, gdzie samochód został wyprodukowany nazywana jest powłoką produkcyjną, natomiast powłoka wytworzona w warsztacie lakierniczym nazywana jest powłoką naprawczą lub renowacyjną. Normy określają, że powłoki naprawcze i renowacyjne nie powinny odbiegać od wymagań technicznych i estetycznych stawianych powłokom produkcyjnym. Co oznacza, że jeśli powłoka produkcyjna ma określone właściwości ochronne, dekoracyjne lub antykorozyjne to powłoka naprawcza powinna także te właściwości spełniać. [2]

Technologie używane do wytworzenia wspomnianych powłok różnią się od siebie. Przede wszystkim jest to spowodowane innymi możliwościami aplikacji (nakładania) lakieru w fabryce i warsztacie naprawczym, a także zastosowaniem różnych rodzajów produktów czy metod nakładania. Pomimo tych różnic, wykonana powłoka, przy zachowaniu zaleceń producentów dotyczących produktów i metod, posiada takie same walory estetyczne i własności techniczne jak powłoka produkcyjna. [2]

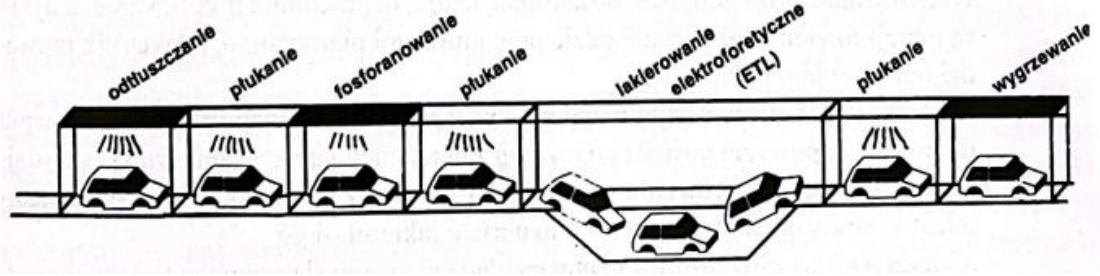
Rozwój rynku samochodowego, a także używanej do produkcji lakierów chemii, doprowadził do powstania ogromnej ilości kolorów. Jednakże producenci przy wprowadzaniu nowego koloru, przekazują producentom lakierów używanych do wytwarzania powłok naprawczych odpowiednie próbki, które umożliwiają opracowanie receptur, niezbędnych do wykonania renowacji. Podchodząc realnie do kwestii koloru, praktycznie nie ma takiej możliwości, aby w każdym warsztacie produkującym lakier utrzymać idealnie takie same warunki, dlatego mówi się o odcieniach koloru, które skutecznie utrudniają osiągniecie zadowalającego efektu końcowego przy lakierowaniu naprawczym. Rozwiązaniem na takie problemy są odpowiednie metody wylakierowań, które umożliwiają zniwelowanie różnic w poszczególnych odcieniach koloru. Pochłaniają one zazwyczaj więcej czasu i większego nakładu pracy przygotowawczej, lecz zapewniają żądany końcowy efekt wizualny, bez naruszenia jakości powłoki lakierowej. [2]

Metody aplikacji powłok lakierniczych

Powłoki lakiernicze nakładane są na różne wyroby przemysłowe w celu ochrony ich powierzchni, a także zabezpieczenia przed zniszczeniem przez różne czynniki. Biorąc pod uwagę wyroby metalowe, mówi się głównie o czynnikach powodujących korozję. Oprócz tych funkcji powłoki spełniają często rolę dekoracyjną. W przemyśle wyróżnia się następujące techniki:

Metoda aplikacji powłok za pomocą pędzla lub wałka – jedna z najstarszych technik lakierniczych, która praktycznie nie ma zastosowania w dzisiejszym przemyśle. Niekiedy używana do konserwacji podwozia, czy przy np. zabezpieczaniu przestrzeni ładunkowej w samochodzie osobowym typu pick-up. [5]

Metoda zanurzeniowa – jest stosowana do aplikowania powłok na elementy stalowe i żeliwne o skomplikowanych kształtach. Stosuje się ją w formie gniazdowej, czyli takiej, gdzie np. nadwozie samochodu jest indywidualnie zanurzane w kąpieli lub w taśmowej, gdzie lakierowane elementy umieszczane są na przenośniku a zanurzanie i wynurzanie odbywa się w ruchu ciągłym (Rysunek 1). [3], [5]



Rysunek 1 - Nakładanie warstwy elektroforetycznej metodą zanurzeniową [19]

W tej metodzie aby poprawnie pokryć elementy istotne są takie czynniki jak:
- parametry farby,
- szybkość zanurzenia,
- czas przebywania w kąpieli,
- szybkość wynurzenia,
- częstotliwość mieszania farby, w celu uniknięcia zjawiska sedymentacji (Sedymentacja – oddzielenie ciał stałych od cieczy przez wykorzystanie zjawiska opadania cząstek ciała stałego pod działaniem siły ciężkości. [4]

W metodzie zanurzeniowej istnieją dwie metody zanurzania:
- pod wpływem siły ciężkości elementu lakierowanego – w tej metodzie ciężar właściwy pokrywanych części musi być większy niż siła wyporu kąpieli zanurzeniowej,
- mechaniczna – gdy ciężar właściwy lakierowanego elementu jest mniejszy od siły wyporu kąpieli zanurzeniowej. [3], [5]

Metoda polewania – stosowana do lakierowania elementów o mało skomplikowanych kształtach i stosunkowo niewielkich rozmiarach. Polega na wielostrumieniowym polewaniu podwieszonych i poruszających się na przenośniku malowanych części. Ciśnienie jest dobierane w taki sposób aby lakier dokładnie pokrywał powierzchnie elementu. Grubość warstwy jest dobierana poprzez regulacje prędkości przenośnika. [3], [5]

Metoda natrysku pneumatycznego konwencjonalnego – polega na natryskiwaniu materiału lakierniczego na wyroby przemysłowe dowolnej wielkości niezależnie od materiału wykonania. Wyroby lakierowe są podawane do pistoletu lakierniczego pod wpływem sprężonego powietrza (około 3 do 6 bar), a dalej poprzez dyszę rozpylany strumień pokrywa element.

Ważne parametry wyrobów lakierniczych stosowanych w tej metodzie to lepkość robocza uzyskiwana poprzez dodawanie rozpuszczalników i dobra rozlewność.

Wyróżnia się dwa sposoby lakierowania. W pierwszym, lakierowany element przesuwa się a dysze zamontowane są na stałe, w drugim, to lakierowana część się nie porusza, a pistolet jest prowadzony przez lakiernika.

Ta technika lakierowania jest bardzo rozpowszechniona i posiada wiele zalet takich jak wysoka wydajność czy szybkość nakładania powłok. Jest jednak obarczona wadami, np. duży ubytek materiału (około 30%) i duże pylenie podczas aplikacji. [3], [5]

Metoda natrysku hydrodynamicznego – z ang. Airless, czyli bezpowietrzny, polega na natrysku wyrobu lakierowego poprzez pistolet przy użyciu wysokiego ciśnienia bez powietrza.

Natrysk stosowany w różnych gałęziach przemysłu, a jego zaletą jest wysoka wydajność (większa niż w przypadku natrysku pneumatycznego), stosunkowo małe straty materiału,

znikoma emisja rozpuszczalników z powodu braku potrzeby ich zastosowania. Metoda używana do np. zabezpieczania podwozi pojazdów. [3],

Metoda natrysku niskociśnieniowego – z ang. Fine Coat, inaczej HVLP (ang. High Volume, Low Pressure), co znaczy wysoka objętość, niskie ciśnienie. Metoda opiera się na zastosowaniu niskiego ciśnienia (do 0,9 bar) i dużej objętości powietrza, przez co zapewnia niskie rozpylenie (w porównaniu z metodą pneumatyczną) oraz oszczędność około 30% wyrobu lakierniczego. Parametrem istotnym farby jest duża płynność, a spowodowane jest to ograniczeniem specyfiki zastosowanej techniki. [1]

Metoda natrysku w otulinie powietrza – z ang. Air Coat, ta metoda łączy w sobie zalety rozpylania powietrznego z dużą wydajnością uzyskiwanych w metodzie natrysku hydrodynamicznego, efektem tego jest tworzenie się niewielkich mgieł lakieru, a także dobre powłoki dekoracyjne. [1]

Metoda natrysku elektrostatycznego– w tej metodzie do pistoletu lakierniczego podłączone jest źródło wysokiego napięcia, co powoduje, że wtryskiwane cząsteczki lakieru są ładowane ujemnie i pod wpływem pola elektrostatycznego przemieszczają się na uziemiony element lakierowany, który stanowi elektrodę układu. Materiał wykorzystywany może być w formie proszkowej lub ciekłej. Technika ta może być łączona z natryskiem pneumatycznym, hydrodynamicznym lub w otulinie powietrza. Stosowana do skomplikowanych elementów takich jak np. felgi samochodowe. [6]

Metody oceny jakości powłok lakierniczych

Powłoki lakiernicze powinny spełniać dwa podstawowe zadania:

- stanowić powłokę ochronną i zabezpieczać przed np. rdzewieniem powierzchni metalowych,
- nadawać wyrobowi określone walory estetyczne.

Z tych powodów, powłokom lakierowym stawiane są wymagania co do własności mechanicznych, fizykochemicznych, ochronnych oraz dekoracyjnych. Oceny dokonuje się poprzez badanie wyrobu używanego do lakierowania, a także gotowej powłoki lakierowej.

Przy ocenie wyrobu lakierniczego w stanie płynnym, badane są:

a) Lepkość umowna - miara lepkości cieczy charakteryzowana czasem wypływu (s) wyrobu lakierowanego z kubka wypływowego, zgodnie z normą PN-EN ISO 2431:2019-07.
b) Gęstość w g/cm^3 – mierzona zgodnie z normą PN-EN ISO 2811-1:2023-03.
c) Czas przydatności stosowania – stosowane dla wyrobów dwukomponentowych, określa okres przydatności przygotowanej mieszaniny lakierniczej, w którym możliwa jest jej aplikacja.
d) Rozcieńczalność – określa maksymalna wartość rozcieńczalnika jaką można dodać do wyrobu, nie powodując niepożądanych efektów.

Przy ocenie powłoki lakierniczej, badane są:

a) Czas schnięcia powłoki – czas osiągnięcia przez powłokę założonego wyschnięcia, określany w stopniach od 1 do 7 (najlepszy), zgodnie z normą PN-C-81519:1979.
b) Krycie – określa najmniejszą możliwą ilość materiału lakierniczego, jaka potrzebna jest do przykrycia $1m^2$ podłoża i uczynienia go niewidocznym na całej powierzchni, zgodnie z normą PN-C-81536:1989.
c) Rozlewność – własność samorzutnego rozpływania się świeżo nałożonej warstwy materiału lakierniczego, jaka decyduje o powstaniu powłoki o gładkiej powierzchni. Określana w stopniach od 1 do 10 (najlepszy), zgodnie z normą PN-C-81507:1989.

d) Elastyczność – zdolność powłoki jak i podłoża do ulegania siłom zginającym, nie powodującym pęknięć czy utraty przyczepności z podłożem zgodnie z normą PN-EN ISO 1519:2012.
e) Grubość – grubość wyschniętej wylakierowanej powłoki, zgodnie z normą PN-EN ISO 2808:2020-01.
f) Połysk – określa się liczbowym stosunkiem strumienia świetlnego odbitego zwierciadlanie od badanej powłoki do strumienia świetlnego padającego na tę powłokę pod określonymi kątami 20, 60 i 85°, zgodnie z normą PN-EN ISO 2813:2001.
g) Odporność na uderzenia – zdolność zachowania przez powłokę pierwotnych właściwości pod wpływem uderzenia elementu w kształcie klina symulującego uderzenie kamieni, zgodnie z normą PN-EN ISO 20567-2:2017-03.
h) Tłoczność – określa zdolność powłoki jak i podłoża do ulegania wytłoczeniom, bez wystąpienia pęknięć czy utraty przyczepności, zgodnie z normą PN-EN ISO 1520:2007.
i) Przyczepność – określa przyczepność powłoki do podłoża lub przyczepność między warstwową, za pomocą siatki nacięć, zgodnie z normą PN-EN ISO 2409:2021-03.
j) Odporność na ścieranie – określa odporność powłoki na ścieranie, metodą z krążkami pokrytymi papierem ściernym i obracającą się próbką do badań, zgodnie z normą PN-EN ISO 7784-1:2023-08.
k) Wygląd powłoki – organoleptyczna ocena wyglądu powłoki w rozproszonym świetle dziennym,
l) Odporność na działanie wody – określa odporność powłoki na długotrwałe działanie wody, co pozwala sprawdzić stopień odizolowania podłoża od czynników wpływających na korozję, zgodnie z normą PN-EN ISO 2812-2:2019-01, Część 2.
m) Odporność na działanie chlorku sodu (NaCl) – określa odporność powłoki na chlorek sodu, cieczy innej niż woda, jednego z czynników powodujących korozję metali, zgodnie z normą PN-EN ISO 2812-1:2018-01.
n) Odporność na działanie solanki – jest do badanie korozyjne w sztucznej atmosferze, które określa odporność powłoki na działanie rozpylonej solanki, zgodnie z normą PN-EN ISO 9227:2023-02.
o) Odporność na działanie zmiennych temperatur – określa zachowanie powłoki przy dużych wahaniach temperatury, badanie polega na określaniu zmian walorów dekoracyjnych i ochronnych powłok za sprawą niskich i wysokich temperatur, zgodnie z normą PN-C-81556:1988. [5]

Materiały lakiernicze

Materiały lakiernicze stosowane są w motoryzacji do realizacji najróżniejszych celów, od zabezpieczania podwozia pojazdu do lakierowania sportowego samochodu czy maszyn budowlanych. Należy rozróżnić więc rynek lakierów produkcyjnych, czyli tych używanych w fabrykach samochodowych od renowacyjnych, mających swoje zastosowanie w lakierowaniu naprawczym. Ilość używanych lakierów jest ogromna, a zapotrzebowanie wysokie, z tego powodu firmy je produkujące mogły wyspecjalizować się np. w produkcji jedynie lakierów renowacyjnych a inne w produkcji lakierów zarówno produkcyjnych jak i naprawczych. Nie są to jednak jedyne materiały używane w procesach lakierniczych, istnieją także: szpachlówki, grunty, rozcieńczalniki, wypełniacze, kleje.

Podział używanych materiałów malarskich został przedstawiony w tabeli 1.

Tabela 0 - Podział materiałów malarskich stosowanych w motoryzacji [1]

Kryterium podziału	Podział	Zastosowanie w lakiernictwie samochodowym (przykładowo)
Skład chemiczny spoiwa lakierniczego	olejne	farba podkładowa miniowa
	olejno-żywiczne	kit szpachlowy olejno-kopalowy
	alkidowe (syntetyczne)	emalie renowacyjne
	alkidowo-melaminowane	zestawy piecowe dla nowych nadwozi samochodów osobowych
	nitrocelulozowe	zestawy renowacyjne dekoracyjne
	nitrocelulozowe modyfikowane	zestawy renowacyjne dekoracyjne
	akrylowe	zestawy dekoracyjne dla nadwozi samochodów osobowych (PEM)
	asfaltowe	masy wygłuszające
	chlorokauczukowe	emalie wodoodporne podwoziowe
	poliestrowe	kity i wypełniacze do prac renowacyjnych
	poliuretanowe	zestawy schnące na powietrzu dla autobusów i ciężarówek
	epoksydowe	grunty i emalie chemoodporne
	silikonowe	materiały termoodporne
Zastosowanie w technologii lakierowania pojazdów	grunty (farby podkładowe)	bezpośrednio na metal we wszystkich pracach lakierniczych
	gruntoszpachlówki	do wyrównywania drobnych nierówności bezpośrednio na metal
	szpachlówki natryskowe	do wyrównywania drobnych nierówności
	kity szpachlowe	do wyrównywania dużych nierówności
	wypełniacze (międzywarstwy)	warstwa podkładowa pod emalią nawierzchniową
	emalie nawierzchniowe	dla uzyskania efektu dekoracyjnego
	lakiery nawierzchniowe	dla uzyskania efektu dekoracyjnego jako ostatnia warstwa
	kity uszczelniające	do uszczelniania złącz, zgrzein i spoin
	masy antykorozyjne	do ochrony elementów blaszanych nadwozia
	masy dźwiękochłonne	do wyciszenia wibrujących blach
	kleje	do klejenia elementów nadwozia i wyklejania dźwiękochłonnego
	proszki powłokowe	do ochrony antykorozyjnej obręczy kół
Sposób rozcieńczenia	rozpuszczalnikowe	lakiery nitrocelulozowe
	wodorozcieńczalne	grunty do elektroforezy
	emulsyjne	szpachlówki emulsyjne natryskowe
Sposób suszenia powłoki	schnące na powietrzu	emalie nitro-kombi
	schnące w podwyższonej temperaturze, 80'C	emalie renowacyjne syntetyczne
	schnące w piecu	emalie alkidowo-melaminowane
Ilość składników	2K schnące na powietrzu	kity szpachlowe, emalie renowacyjne uretanowe, wypełniacze i emalie uretanowe
	2K piecowe	

Metodyka oceny wpływu rodzaju i jakości podkładu na własności powłok lakierowych

W tym rozdziale przedstawiono przyjęte metody badawcze, służące do określenia wpływu rodzaju i jakości podkładu na własności powłok lakierniczych. Omówiona została także aparatura pomiarowa i przedmiot badań.

Przyjęte metody badawcze

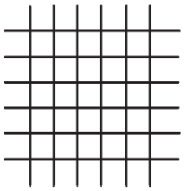
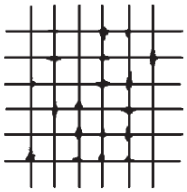
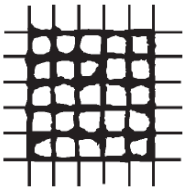
W celu określenia własności powłok lakierniczych wykonano następujące badania:

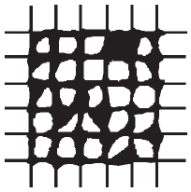
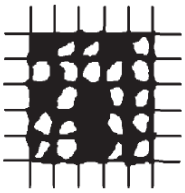
I. Oględziny i ocena organoleptyczna
Badane próbki zostały sprawdzone i ocenione pod kątem wad i uszkodzeń, Badanie przeprowadzone zostało w rozproszonym świetle dziennym, wzrokowo i dotykowo.

II. Badanie grubości powłoki
Zmierzona została grubość suchej powłoki, przy użyciu metody magnetycznej, zgodnej z normą PN-EN ISO 2808:2020-01 [7]. Badanie przebiegało poprzez przyłożenie sondy urządzenia pomiarowego w 5 następujących punktach, lewym górnym rogu, prawym górnym rogu, lewym dolnym rogu, prawym dolnym rogu i na środku próbki. Czujnik był przykładany prostopadle do badanej powierzchni, a uzyskane wyniki zostały zapisane.

III. Badanie przyczepności powłoki
Przeprowadzono badanie przyczepności metodą siatki nacięć zgodną z normą PN-EN ISO 2409:2021-03 [3], przy użyciu noża krążkowego do powłok z wkładem ostrza o rozstawie równym 1 mm. Badanie przebiegało w następujący sposób:
1. Nacięto pierwszą serię nacięć równoległych o stałym nacisku, jednym zdecydowanym ruchem, na odcinku około 20 mm.
2. Nacięto drugą serię nacięć prostopadle do pierwszej i w ten sam sposób, w celu uzyskania siatki nacięć.
3. Pędzelkiem oczyszczono naciętą powierzchnię.
4. Naklejono i zgodnie z normą oderwano taśmę samoprzylepną.
5. Oceniono z użyciem lupy stan powłoki, porównując wygląd z wzornikiem siatki nacięć (Tabela 2).

Tabela 0 Klasyfikacja wyników badania, wzornik siatki nacięć [7]

Opis	Wygląd powierzchni siatki nacięć	Klasyfikacja
Krawędzie nacięć są gładkie. Żaden kwadrat powłoki z siatki nacięć nie został oderwany.		0
Oderwane jedynie niewielkie płatki powłoki na krawędziach siatki nacięć. Żaden kwadrat z prostokątnej siatki nacięć nie został oderwany. Całkowita powierzchnia uszkodzonej powłoki nie jest większa od 5%.		1
Powłoka odpada niewielkimi płatkami wzdłuż linii cięcia siatki oraz widoczne są pęknięcia i oderwania małych kawałków powłoki pomiędzy liniami siatki. Łączna powierzchnia uszkodzeń jest większa od 5%, ale nie przekracza 15%.		2

Powłoka odpada płatkami wzdłuż nacięć częściowo lub w całości, w postaci długich wstążek lub odrywa się płatkami w części bądź całości z kwadratów siatki nacięć. Powierzchnia uszkodzeń większa niż 15%, ale mniejsza niż 35%.		3
Powłoka odpada płatkami wzdłuż nacięć, w postaci długich wstążek lub odrywa się płatkami w części, bądź całości z kwadratów siatki nacięć. Powierzchnia uszkodzeń większa niż 35%, lecz mniejsza od 65%.		4
Każdy stopień odrywania się powłoki, który nie może być sklasyfikowany nawet jako 4.	-	5

Aparatura pomiarowa

Do badania grubości powłoki wykorzystano miernik grubości lakieru firmy BLUE Technology, model MGR-10-S-AL. Za jego pomocą można mierzyć powłoki położone na podłożu stalowym, ze stali ocynkowanej i aluminiowym. Jest to miernik magnetyczny o parametrach:

- zakres pomiarowy – 0÷1500 μm, dla każdego podłoża,
- dokładność - ±10 μm, dla każdego podłoża,
- sonda typu płaskiego,

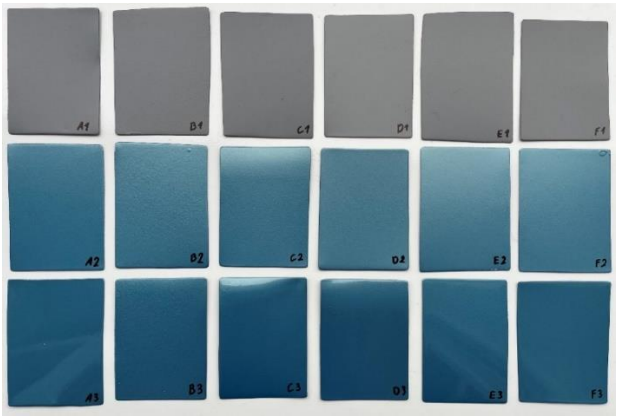
Do badania przyczepności powłoki wykorzystano nóż krążkowy do powłok, spełniający normę ISO 2409, firmy TestAn. W nożu zastosowany został wkład o rozstawie ostrzy równym 1 mm. Budowa krążkowa ostrza umożliwia wykorzystanie dwóch zapasowych serii ośmiu ostrzy w przypadku stępienia się jednego z trzech na całym krążku. W zestawie badawczym (Rysunek 2) dołączono lupę do oceny siatki nacięć, pędzelek do oczyszczania powierzchni po nacięciu, taśmę do odrywania, a wszystko zamknięto w walizce.



Rysunek 0 - Nóż krążkowy do powłok

Przedmiot badań

Przedmiotem badań było 18 blaszek wykonanych ze stali (Rysunek 3), o wymiarach 8 x 11 cm każda.



Rysunek 3 - Polakierowane próbki

Proporcje standardowe i ilość warstw:

- podkład akrylowy – 3:1 (trzy jednostki podkładu, jedna utwardzacza), rozcieńczalnik - 20% objętości mieszaniny, 2 warstwy
- podkład epoksydowy – 4:1 (cztery jednostki podkładu, jedna utwardzacza), rozcieńczalnik - 25% objętości mieszaniny, 2 warstwy
- lakier bazowy – 2:1 (dwie jednostki lakieru, jedna rozcieńczalnika bazowego), 3 warstwy
- lakier bezbarwny – 2:1 (dwie jednostki lakieru, jedna utwardzacza), 2 warstwy

Kolumna A – próbki z podkładem akrylowym o proporcjach standardowych

Kolumna B – próbki z dwoma rodzajami podkładów o proporcjach standardowych

Kolumna C – próbki z podkładem akrylowym o obniżonej zawartości utwardzacza w podkładzie, 50% dawki standardowej

Kolumna D – próbki z podkładem akrylowym o podwyższonej zawartości utwardzacza w podkładzie, 130% dawki standardowej

Kolumna E – próbki z podkładem akrylowym o obniżonej zawartości rozcieńczalnika w podkładzie, 5% objętości mieszaniny

Kolumna F – próbki z podkładem akrylowym o podwyższonej zawartości rozcieńczalnika w podkładzie, 50%

Wyniki badań i ich analiza

Z uwagi na duża ilość uzyskanych wyników badań w artykule przedstawiono jedynie schemat uzyskiwanych wyników dla jednego przykładu. Pełna dokumentacja wyników badań dostępna jest u aktorów niniejszej pracy.

Próbka A1

I. Badanie organoleptyczne (Rysunek 4) – zauważono drobne wtrącenia, powierzchnia bez uszkodzeń mechanicznych.
II. Badanie grubości ukazuje Tabela 3.

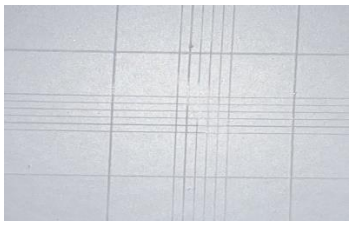
Tabela 3 - Grubość powłoki próbki A1

Punkt pomiarowy	Grubość powłoki [µm]
Lewy górny róg	60
Prawy górny róg	50
Lewy dolny róg	60
Prawy dolny róg	50
Środek	60



Rysunek 4 - Próbka A1

III. Badanie przyczepności (Rysunek 5) – klasyfikacja według Tabeli 2 – 0



Rysunek 5 - Siatka nacięć próbki A1

Badanie organoleptyczne dla każdej próbki poza próbkami z kolumny E i F, wykazało wadę wtrąceń. Wada ta nie jest związana z manipulacją danych wartości w podkładzie dla próbek z kolumn od A do D, lecz wystąpiła poprzez niedostateczne przygotowanie podłoża przed lakierowaniem. Innym czynnikiem powodującym zanieczyszczenia na wspomnianych próbkach mógł być czas realizacji procesu lakierowania. Był krótki, przez co oczyszczenie próbek i utrzymanie czystości podczas lakierowania mogło nie zostać zachowane w odpowiednim stopniu. W próbkach z kolumny B, a dokładniej próbki B2 i B3, zaobserwowano silne zmarszczenie powłoki, jest to spowodowane zbyt grubo nałożoną warstwą podkładu. Dla każdej próbki polakierowanej podkładem, lakierem bazowym i lakierem bezbarwnym (czyli próbek A3, B3, C3, D3, E3, F3), zaobserwowano zjawisko skórki pomarańczowej, czego przyczyną mogły być źle dobrane parametry natrysku lub zbyt cienkie warstwy nakładanego lakieru. W próbce F2 wystąpił zaciek, który spowodowany mógł być zbyt niską lepkością lakieru. Próbki w kolumnach D i F, czyli te, w których zastosowana została wyższa proporcja odpowiednio utwardzacza (kolumna D) i rozpuszczalnika (kolumna F), posiadały powierzchnie, której kolor w porównaniu z innymi próbkami był lekko wyblakły, a próbki na których znajdował się jedynie podkład różniły się znacząco gładkością powierzchni. W niektórych próbkach (A2, A3 i D3) odnotowano zmiękczenia w rysach szlifierskich, spowodowane najprawdopodobniej złym doborem gradacji papieru ściernego.

Tabela 4 - Klasyfikacja pomiarów grubości i przyczepności powłoki

Próbka	Badane parametry	A	B	C	D	E	F
1	Średnia grubość [µm]	56	100	56	58	54	52
	Klasyfikacja przyczepności	0	0	0	0	0	1
2	Średnia grubość [µm]	62	118	124	66	70	62
	Klasyfikacja przyczepności	0	1	0	0	0	5
3	Średnia grubość [µm]	92	158	160	110	86	90
	Klasyfikacja przyczepności	0	1	0	0	2	1

W Tabeli 4 zamieszczone zostały sklasyfikowane pomiary grubości i przyczepności powłoki. Średnia grubość wyliczona została z 5 pomiarów zamieszczonych w tabelach dla każdej próbki w punkcie 3.

Grubość powłoki na próbkach z kolumny B jest wyraźnie wyższa od innych. Jest to spowodowane nałożeniem dwóch warstw podkładów akrylowego i epoksydowego, co znacznie

przekracza standardową grubość lakieru przeznaczoną na warstwę podkładową. W próbkach C2 i C3 średnia grubość lakieru jest również wysoka, wartość ta jest nienaturalnie zawyżona, a spowodowane jest to zakrzywioną górną częścią powierzchni użytych do lakierowania blaszek. Podczas pomiaru na nierównej powierzchni miernik grubości lakieru wskazuje fałszywe wyniki. Rzeczywista grubość lakieru dla próbek C2 i C3 wykazana jest w punkcie 3 w tabelach 3-8 i 3-9 (Punkty pomiarowe: lewy dolny róg, prawy dolny róg i środek). Wyniki pomiaru grubości dla pozostałych próbek mieszczą się w spodziewanych wartościach.

Pomiar przyczepności przeprowadzony został przy użyciu noża o rozstawie ostrzy 1 mm, Nóż taki, zgodnie z instrukcją, powinien używany być dla powłok o grubości nie przekraczającej 60 μm. Wszystkie próbki z serii 3, czyli te polakierowane podkładem, lakierem bazowym i lakierem bezbarwnym, a także próbki z kolumny B, przekraczają tę wartość, dlatego badania przyczepności na tych próbkach są nieprawidłowe. Większy rozstaw ostrza (2 mm) umożliwiłby prawidłowe wykonanie siatki nacięć, a ostrza mogłyby rozciąć powłokę do samego podłoża. Reszta próbek ma grubość nieprzekraczającą 60 μm lub nieznacznie większą (zawierają się w dokładności pomiarowej urządzenia pomiarowego). Ich przyczepność oprócz próbek F1 i F2 została oceniona na bardzo dobrą, czyli o klasyfikacji „0”, W próbkach F1, F2 przyczepność jest wyraźnie gorsza. Spowodowane może to być większą niż standardową zawartością rozcieńczalnika w podkładzie. Poprzez zastosowanie większej ilości rozcieńczalnika obniżono lepkość podkładu, co przełożyło się na obniżenie przyczepności powłoki.

WNIOSKI

Przeprowadzono, trzy rodzaje badań: badanie organoleptyczne opisujące wygląd powłoki, badanie grubości powłoki oraz badanie przyczepności za pomocą siatki nacięć. Badania organoleptyczne wykazały, że podczas przygotowania próbek do lakierowania niewystarczająco przygotowano podłoża, przez co w znaczącej większości próbek wystąpiły wtrącenia inaczej zwane zanieczyszczeniami. Badania wykazały także, że połączenie dwóch rodzajów podkładów skutkuje znacznym przekroczeniem zalecanej grubości warstwy pokładowej, co bezpośrednio przełożyło się na znaczne zmarszczenie się powłoki lakierniczej, nie spełniając tym samym wymaganych walorów estetycznych dobrze nałożonej powłoki. Odnotowano, że zmiana jakości podkładu przez podwyższenie proporcji utwardzacza powoduje łatwiejsze osiadanie zapyleń, powłoka nie jest gładka. Podwyższenie proporcji rozcieńczalnika spowodowało, że powłoka była znacznie gładsza od innych próbek, a także nie posiadała tylu wtrąceń, spowodowane mogło to być zwiększeniem rozlewności podkładu. Wykazano, że zmiana jakości podkładu poprzez manipulacje proporcjami utwardzacza i rozcieńczalnika nie wpływa na końcową grubość powłoki lakierniczej. Udowodniono, że zmiana wspomnianych wartości, a dokładniej zastosowanie nadmiernej ilości rozcieńczalnika w podkładzie, zmniejsza nieznacznie przyczepność podkładu do podłoża, natomiast znacząco obniża przyczepność między warstwową. W przypadku innych próbek, gdzie zmieniona została jakość czy rodzaj podkładu, a grubość powłoki nie przekraczała 60 ±10 μm (dokładność pomiarowa miernika), nie doszło do obniżenia przyczepności do podłoża czy przyczepności między warstwowej. W przypadku próbek o grubości większej niż 60 μm, badanie przyczepności przeprowadzono z użyciem noża krążkowego o błędnym rozstawie ostrzy wynoszącym 1 mm. Taki sposób wykonanego badania dla tych próbek uniemożliwił poprawną ocenę własności, tj. przyczepności.

Chcąc rozwinąć przeprowadzone badania, należałoby zwiększyć ilość badanych obiektów, poprzez dodanie większej ilości próbek o zróżnicowanych proporcjach rozcieńczalnika i utwardzacza. Pozwoliłoby to na dokładniejsze zbadanie wpływu jakości podkładu na badane własności powłok. W celu rozwinięcia badań wskazane byłoby także zastosowanie większej ilości rodzajów podkładów. Chcąc uzyskać większą dokładność w badaniu przyczepności

powinno się wyposażyć w noże o różnych rozstawach ostrzy, wtedy powłoka lakiernicza o każdej grubości zostałaby zbadana w poprawny sposób. Można by także rozszerzyć badania o przeprowadzenie pomiaru krycia powłoki lakierniczej, która także jest jedną z najważniejszych własności badanych w powłokach lakierowych.

Bibliografia

1. Jarząbek G. (1997). Renowacyjne nakładanie powłok lakierowych, „Auto Moto Serwis”
2. Kałaczyski T., Kasprowicz T., Sadowski A., Zgórski Ł, Podgórski J. (2016). Struktura baz danych do analizy metod ochrony antykorozyjnej środków transportu. Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management
3. Marcinkowski M. (2011) Przygotowanie powierzchni a wpływ na zwilżalność podłoża przez ciekłą powłokę ochronną oraz jej przyczepność. Lakiernictwo przemysłowe nr 6
4. Raatz B. (2005). Nowoczesne technologie pomiarów i napraw karoserii powypadkowych. Troton Sp. z o.o. .
5. Sobierajska G., Neumann Z. (2002). Lakiernictwo samochodowe, Wydawnictwo Szczecin : SIMP-ZORPOT Ośrodek Rzeczoznawstwa, 2002
6. Ulbrich D., Kowalczyk J., Jósko M., Sawczuk W., Chudyk P. (2011). Assessment of Selected Properties of Varnish Coating of Motor Vehicles. Coatings 2021, 11, 1320.
7. Instrukcja obsługi noża do badania przyczepności, numer katalogowy BG VF 1839C, TestAn

SENSOR-BASED GRIPPING OF INDUSTRIAL ROBOTS IN TEXTILE MANUFACTURING PROCESSES

A. Karmalita, S. Pundyk, M. Bartkov
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. An increasing share of technical equipment in light industry enterprises is occupied by industrial robots. The majority of these are non-adaptive programmatic robots that operate on a rigid program. A smaller portion consists of adaptive robots equipped with sensors. While programmatic robots require mandatory organization of the processing environment, adaptive robots need sensory grips to recognize the position of objects.
This article discusses methods for solving the orientation problem of flat parts with different surface properties that are fed to the working position of the technological equipment. To correctly position the parts for processing, their positions need to be identified and, if incorrect, reoriented. For this purpose, jet grippers are proposed, along with their structural calculations.
Keywords: orientation, nozzles, sensor devices, air jets.

Introduction

The technical equipment of textile enterprises increasingly includes industrial robots. The majority of them are non-adaptive programmed robots that operate according to a rigid program. A smaller proportion are adaptive robots that have sensory grippers. While programmed robots require a mandatory ordering of the environment of the objects being processed, adaptive robots require sensory grippers that can recognize the position of these objects. Orientation tasks involve elements of the object recognition problem, namely, recognizing the position of objects relative to the working tools of technological machines or grippers of industrial robots. The features used for recognition are the asymmetry properties of the parts: shape, physical properties, center of mass position, and surface properties. Parts with shape asymmetry are divided into those with external surface asymmetry (protrusions on the ends, grooves on cylindrical surfaces, etc.) and those with internal surface asymmetry. Parts with asymmetric physical properties have asymmetric magnetic, electrical, elastic, and other properties. Parts with asymmetric center of mass are divided into those in which the center of mass coincides with the geometric center of the part and those in which the center of mass does not coincide with the geometric center of the part. Parts with asymmetric surface properties are divided into those with asymmetric hardness, roughness, elasticity, density, electrical conductivity, color, coefficient of friction, and other properties. Depending on the characteristics, one of the known methods for controlling the position of each specific object can be selected. The control of the position of the part at the orientation position can be passive (calipers for controlling dimensional characteristics) or active (using sensors to send control signals to the operating mechanisms). The main parameters of the robot state (position and speed of movement of its elements, forces in the links, etc.) and the environment (position and orientation of objects, their shape, excitation parameters that the robot receives during its operation) are determined by the robot's sensors, which are the basis of its information perception system. A distinction is made between sensors of internal and external information. In most cases, these are converters of mechanical parameters (displacements, rotations, forces, pressures, torques) into electrical signals, which are used in object control systems. External information sensor devices are designed to obtain information about the state of the external environment. Information is collected using tactile, optical, ultrasonic, pneumatic, and other sensors. Intelligent robots, equipped with microprocessor technology, can independently coordinate their actions with the perception of shapes, sizes, conditions, and positions of objects. Their characteristic feature is the ability of adaptive reprogramming. Various aspects of industrial robot applications in light industry are typically considered within the framework

of typical industrial production projects: based on existing requirements, the optimal option is selected, in which the specific type of robots necessary for the task, their quantity, the required information system, as well as infrastructure issues (power supply lines, supply of cooling liquid – in case of using liquid cooling of equipment elements) and integration into the production process (providing workpieces/semifinished products and returning the finished product to the automatic line for transfer to the next technological operation) are specified.

Sensory grips can vary in design depending on their operating principle. This article considers jet grips with vertical and horizontal gas flow directions. The calculation scheme of a jet gripper with a perpendicular direction of the jet of compressed air exiting from its nozzle opening towards the surface of the workpiece is shown in Fig. 1. Similar to the calculation method described in [2], the force acting on the workpiece is determined by the equation:

$$F=F_{np}-R_{cmp}, \quad (1)$$

where F_{np} – the force resulting from the static pressure in the gap h_{il};
R_{cmp} – the reactive force of the jet, which is determined by the formula:

$$R_{cmp}=Q^2_m/\pi r_1\rho \quad (2)$$

Q_m – air consumption;
ρ – air density.

As a result of the research, a qualitative improvement in the force characteristics of the considered gripper was established when a boss with a radius r_1 and a height Δh exceeding the thickness of the air cushion, which is on the order of 0.06 - 0.09, is formed on its end face. This allows its use as a manipulator gripper.

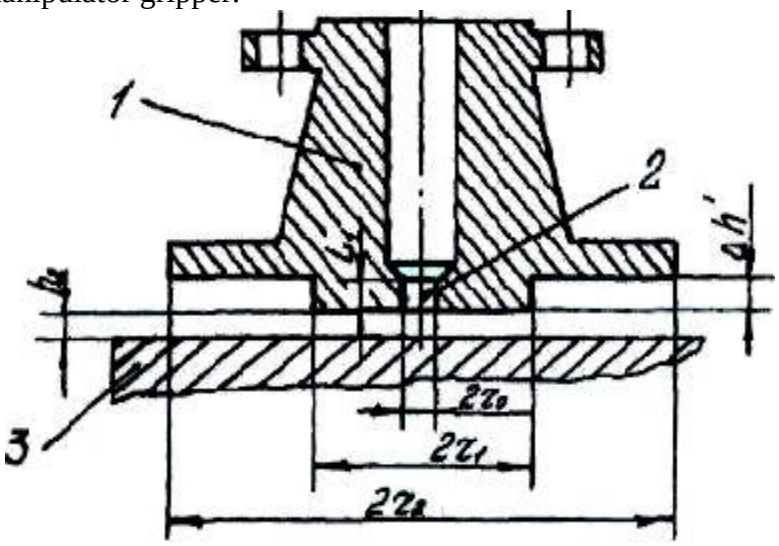


Fig. 1. Gripper with a vertical jet direction

The gripper comprises a housing 1 with a nozzle opening 2, the axis of which is perpendicular to the workpiece plane 3. Analysis of theoretical and experimental studies indicates that a gripper with a vertical jet direction can be used for loading parts weighing up to 3.5N. Increased load capacity can be achieved by using multiple grippers or simultaneously gripping several holes on the end face, as shown in Fig. 2.

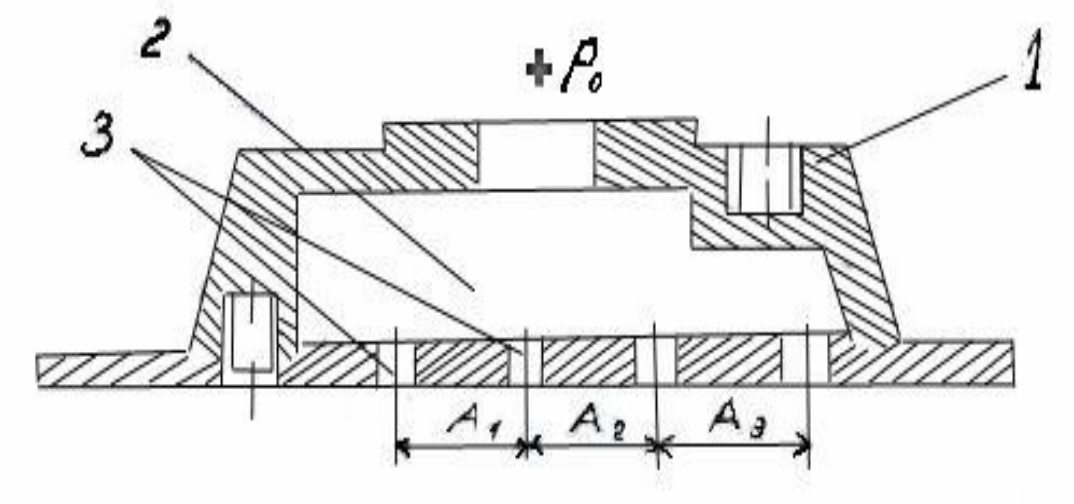


Fig. 2. Jet Gripper Platform

The influence of the parameters of two adjacent jets on each other can be significant if the recommendation [2] is not followed and the center-to-center distance is set to *A1 = A2 = A3 = (15+20 mm).*

The calculation scheme of the jet gripper, with the air jet parallel to the workpiece plane, is shown in Fig. 3. In this case, the reactive force of the jet *Rcmp* is zero, and only the reactive force of the air cushion *Rn* of the annular solid flow in the gap *Wh* affects the gripping forces. The gripper comprises a housing, on the end face of which a radius *r*01 and a height *Wh'* are formed, and on the surface of the radius there are connected radial nozzles 4 with axes parallel to the planes of the housing and workpiece. The maximum number and diameter of nozzle holes depend on the force, flow, and design parameters of the gripper, and the height of the radius *Wh'* is selected experimentally depending on the diameter of the nozzle in each specific case.

The diameter of the radius 2*r*01, as experiments show, should be equal to 2*r*01=20.30 mm with a total gripper diameter of 2*r*2=80-100 mm, which means the efficiency of the gripper depends on the optimal ratio between the diameters, which is within the range of 3.4.

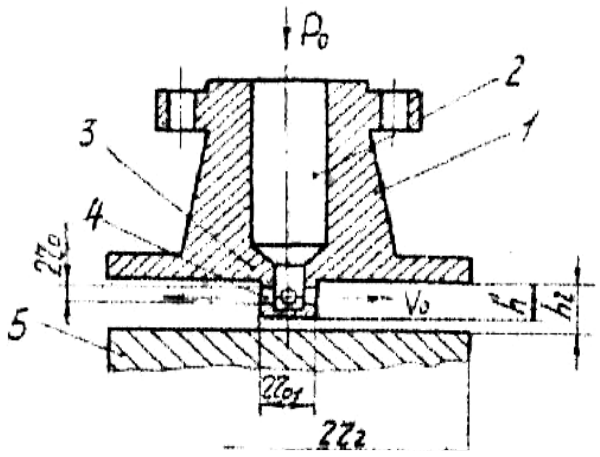


Fig. 3. Jet gripper

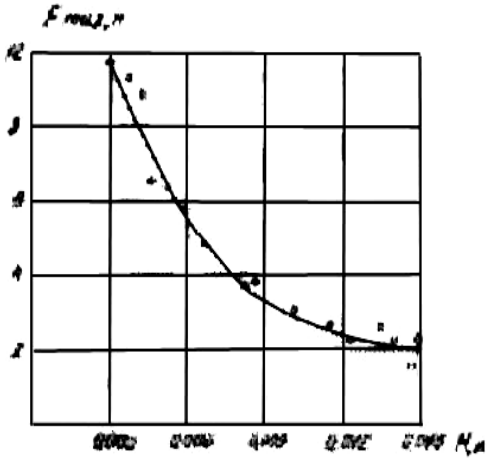


Fig. 4. Law of change of force

With the workpiece end faces parallel to the suction of the jet by the gas flows of the gripper. Studies have shown that the maximum distance max from which the workpiece is subjected to suction action does not exceed the value of *Hmax<25 mm*. With an increase in the mass of the workpiece *G3*, the distance *Hmax* decreases to the value *Hmax>h'*, which is the

height of the radius where the nozzle holes are located. The curve of the load capacity change from *H* is shown in Fig. 4.

When attracted to the end face of the ripper, the workpiece assumes an undetermined position if the air cushion height *h* exceeds the gripper jaw height *Wh'*. In this case, the workpiece floats on the air cushion, and its orientation should be made simple by the edges of the gripper. If $h < Wh'$, the workpiece is held from rotating by the frictional forces on the end face of the gripper and is transported by the gripper in a previously oriented position.

Conclusions

Depending on the configuration of the manipulation objects, the relationship between their main dimensions and the dimensional or force characteristics of the elements, the following main directions can be distinguished for creating a suction action:

- by reducing the pressure due to the flow of a flat radial stream parallel to the plane of the object being gripped;
- by reducing the pressure when flowing around with a ring jet of an external or internal cylindrical surface;
- by the appearance of rarefaction on the surface of manipulated objects due to ejection, introduction of magnetic elements, etc.

Thus, for the active interaction of an industrial robot as a programmatic and adaptive one with the real environment, information about the properties and condition of this environment in the working area is necessary. Matching this information with the analysis of the "state" of the robot itself, its executive bodies relative to the objects, the goal-directed actions form the optimal actions of the industrial robot.

Bibliography

1. Karmalita A. K., Pundyk S. I., Drapak H. M., Melnyk V. I. Analysis of mechanical methods for controlling the position of flat shoe parts based on surface properties. Visnyk of Khmelnytskyi National University. 2022. No.3. P. 194-198. https://doi.org/10.31891/2307-5732-2022-309-3-194-198
2. Prots Ya. I. Gripping devices of industrial robots: Educational manual. / Ya.I. Prots — Ternopil: Ternopil Ivan Puliui National Technical University, 2008. — 232 p.

DESIGN OF PNEUMATIC DEVICES FOR ORIENTED MACHINING OF FLAT PARTS WITH SURFACE ASYMMETRY

Karmalita A., Pundyk S., Dziavoruk O.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. Industrial robots occupy an increasing share in the technical equipment of light industry enterprises. Most of them are not adaptive software robots that work on a rigid program. A smaller part is adaptive robots that have sensory grips. If software robots require the mandatory ordering of the environment of processing objects, then adaptive robots require sensory grippers that will recognize the position of the same objects. Both in the first and in the second case, it is necessary to create systems to control the position of robotic objects.
Orientation tasks include elements of the problem of object recognition, namely recognition of the position of objects in relation to the working bodies of technological machines or grippers of industrial robots
Many natural and artificial materials used in shoe production, in addition to other differences, have different irregularities (different topography), as well as different hairiness on the front and back surfaces, which can be natural, created artificially for decorative or other special purposes in the processing process . The difference lies in the magnitude of irregularities and pile, their location on the surfaces, as well as in their elastic properties. This makes it possible to control the position of flat parts of shoes according to the properties of surfaces using methods based on the use of these features. The paper considers the principle of operation of devices for controlling the position and orientation of flat parts with asymmetry of surfaces using pneumatics.
Keywords: pressure, air, vacuum, irregularities, surfaces, control.

Introduction

Many natural and artificial materials used in shoe production, in addition to other differences, have different irregularities (different topography), as well as different hairiness on the front and back surfaces, which can be natural, created artificially for decorative or other special purposes in the processing process [1]. The difference lies in the size of the irregularities and pile, their location on the surfaces, as well as in their elastic properties. This makes it possible to control the position of flat parts of shoes according to the properties of surfaces using methods based on the use of these features.

Fig. 1 shows a scheme for controlling the position of flat shoe parts by the asymmetry of irregularities and hairiness of surfaces using air jets [2]. The diagram shows two pneumatic chambers 1 mounted on platform 2, having nozzles 3 for connection to the compressed air supply system. In the wall of each chamber facing the opposite chamber (which will be called the supporting surface of the chamber), holes (nozzles) 4 are evenly distributed over its entire surface, the axes of which are located at the same angle to the wall surface. In this case, the axes of the holes of one chamber are parallel to the axes of the holes of the other chamber and the sum of the areas of the holes in the walls of the chambers is equal to each other.

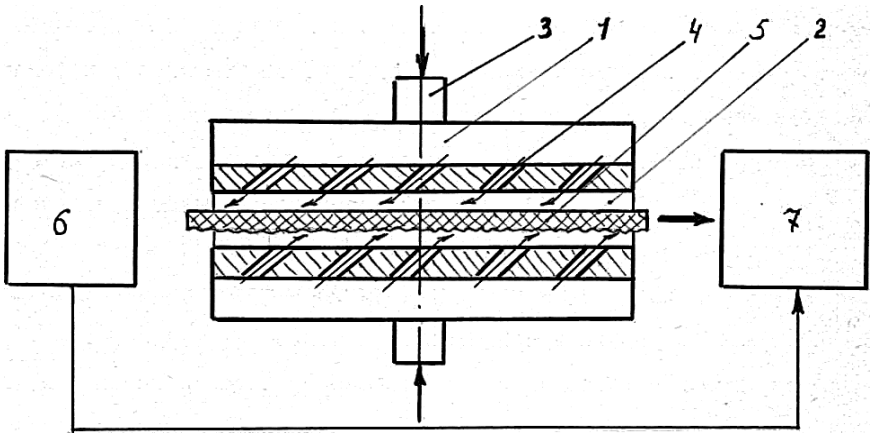


Fig. 1. Scheme for controlling the position of flat parts of shoes by asymmetry of surface roughness using air jets

All the above requirements for the location and size of the holes are necessary to create equivalent conditions for the effect of air jets on the opposite surfaces of the part 5.

Control is carried out as follows. The workpiece 5 to be inspected is installed with its smallest dimension (edge) on the platform 2 between the two chambers 1. Compressed air is supplied through the nozzles 3 to the chambers and exits from there through the openings 4, acting on the surface of the workpiece.

The diagram of the action of the constituent forces from the effect of an air jet on a flat part at the initial moment of inspection, when the part overlaps all nozzles, is shown in Fig. 2.

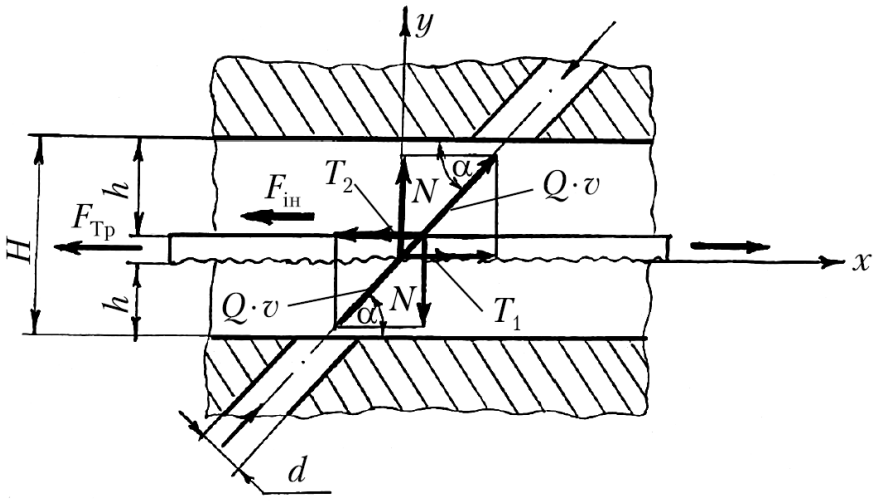


Fig. 2. Diagram of the forces acting on a flat part in the process of controlling the position by the properties of surfaces using air jets of the side in different quantities

If a jet of air acts on a part and is directed at a certain angle *of α* to its surface, then its force can be decomposed into two components: in the direction of the normal to the surface of the part *N* and along its surface T. It should be noted here that when the air jet meets the surface of the part at an angle of $\alpha \neq 90°$, the air spreads over the surface of the part into all

The amount of air flowing in one direction or another depends on many factors and, first of all, on the angle of inclination of the nozzle *α,* the gap *h* between the surface of the part and the supporting surface of the chamber and the amount of surface irregularities. Therefore, the force *T* must be considered as the resultant of forces identical in nature with it and directed in different directions. The force *T* acts as the driving force in the direction of transportation.

The force *N* contributes to the gap *h* between the workpiece and the load-bearing surface of the chamber.

Applying the law of quantity of motion, the forces *N* and *T* can be determined from the expressions:

$$N_1 = N_2 = Q \cdot \vartheta \cdot \sin\alpha \quad (1)$$

$$T_1 = C_1 \cdot Q \cdot \vartheta \cdot \cos\alpha \quad (2)$$

$$T_2 = C_2 \cdot Q \cdot \vartheta \cdot \cos\alpha \quad (3)$$

where Q - the second mass air flow;

ϑ - the speed of the air;

C_1, C_2 - the coefficients that characterize the unevenness of the surfaces of the part.

Control of the position of flat shoe parts by the asymmetry of irregularities and hairiness of surfaces using a vacuum system [2] consists in the fact that two identical suction cups are brought perpendicular to its surfaces to the part that is in control positions, which operate on the principle of throttle pneumatic transducers [3,4] connected to one vacuum source. Air is sucked out of the suction cup cavities through small calibrated choke holes with a cross-sectional area of S_0 (Fig. 3). The vacuums in the cavities of the suction cups P_1 and P_2 depend on the ratio of the dimensions of the nominal gaps S_1 and the choke S_0, respectively; S_2 and S_0 throttle[3].

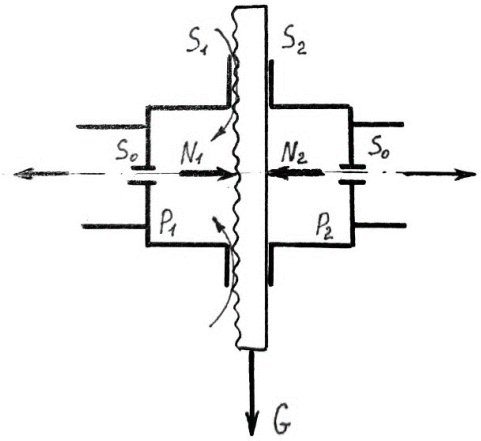


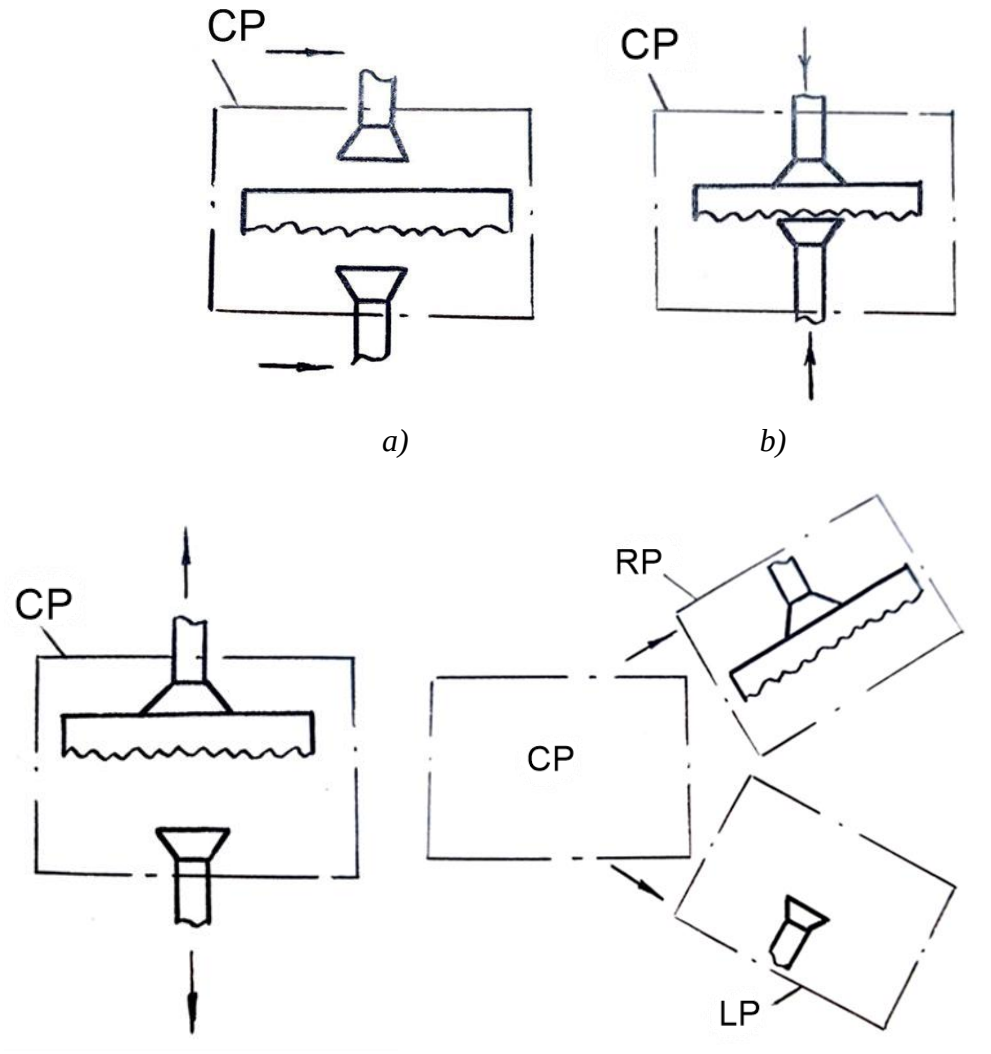
Fig. 3. Position of suction cups and parts at the time of inspection

After the contact of the surfaces of the suction cups with the opposite surfaces of the part, suction forces occur between these surfaces and the suction cups, corresponding to the rarefactions in the cavities of the suction cups.

The condition for control is the occurrence of a difference in suction forces to the opposite surfaces of the part. In this case, after the withdrawal of the suction cups, the part will remain on the one in the cavity of which the vacuum was greater, and will then be transported by it to the working position of the technological equipment or to the position of periorientation.

A necessary requirement for suction cup materials is its hardness, which must be significantly greater than the hardness of the material of the part. Otherwise, during the inspection process, the working surface of the suction cup will deform and fill the depressions of the irregularities of the surfaces of the tested part, thereby reducing the difference in suction forces ΔN, which worsens the control conditions.

Fig. Figure 4 shows the stages of control. Fig. 4, a) the position of the suction cups and the controlled part before the inspection operation, in Fig. 4, b) – the same, at the time of control, in Fig. 4, c) the same, after control, in Fig. 4, d) the same, after transporting the part from the control position (CP) to the reorientation position (RP) or loading position (LP) to the working position of the technological equipment. The arrows show the direction of movement of the suction cups to achieve the required position of the test object.



a) *b)* *c)* *d)*

Fig. 4 - Scheme for controlling the position of flat shoe parts by the asymmetry of surface roughness using two suction cups

In general, according to the scheme of Fig. 3, the control condition at the first time of the suction cup withdrawal can be written as:

$$/(N_1 - N_2)f/ \geq kG, \quad (4)$$

where N_1 and N_2 - the suction forces of the suction cups to the surfaces of the part;

f - the coefficient of friction between the working surface of the suction cup and the surface of the workpiece;

G - the weight of the part;

k - the safety factor of reliable retention of the part.

Conclusions

1. Industrial robots occupy an increasing share in the technical equipment of light industry enterprises. Most of them are not adaptive software robots that work on a rigid program. A smaller part is adaptive robots that have sensory grips. If software robots require the mandatory ordering of the environment of processing objects, then adaptive robots require sensory grippers that will recognize the position of the same objects. Both in the first and in the second case, it is necessary to create systems to control the position of robotic objects.

2. Orientation tasks include elements of the problem of object recognition, namely recognition of the position of objects in relation to the working bodies of technological machines or grippers of industrial robots

3. Most of the flat parts of shoes have asymmetry of frictional properties and the amount of unevenness of surfaces, which made it possible to create pneumatic methods for controlling the position of surface properties, which are distinguished by simplicity of design and reliability in operation**.**

Bibliography

1. Konoval V. P., Garkavenko S. S. (2005). *Handbook of Shoemaker*: Kyiv: Libra. [in Ukraine].
2. A. s. 3411334 USSR, MPK A43D 111/00. *Method of feeding shoe parts with different surface roughness for technological processing*. Piskorsky G. A., Karmalita A. K. №1063378; declared. 1982.03.18; publ. 1983.12.30, bull. No. 48.
3. Burennikov Yu.A., Nemirovsky I.A., Kozlov L.G. (2013). *Hydraulics, hydro- and pneumatic drives: textbook*. Vinnytsia: VNTU. [in Ukraine].
4. Herman V.F. (2015). *Hydraulics, hydro- and pneumatic drives: lecture notes*. Sumy: *Sumy State Universit*. [in Ukraine].

USING OF FREQUENCY DRIVE IN ELECTROHYDRAULIC PRESS EQUIPMENT OF LIGHT INDUSTRY

Karmalita A., Sierhieiev V.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The article discusses the feasibility of using a frequency drive in electrohydraulic press equipment in the light industry to reduce energy consumption. The author also explores the potential for increasing automation of technological processes, extending equipment lifespan, and reducing wear and tear on technological and electrical equipment. The study identifies several factors that reduce the reliability of hydraulic systems of presses, including vibrations of hydraulic equipment, temperature increases, drops and pressure fluctuations of the working fluid, hydraulic shocks, and pressure drops. The author analyzes the shortcomings of electro-hydraulic press equipment and suggests that improvements can be made through the use of the latest technologies.
The author proposes one of the most promising ways to solve these shortcomings - the modernization of the pump drive using a frequency converter. This will help to reduce electrical energy consumption, and pressure drops in the system during technological operations, and ensure not only electricity savings but also a reduction in the load on the engine.
Keywords: Technological processes, electrohydraulic press equipment, light industry.

Introduction.

Nowadays, one of the most urgent tasks in the light industry is increasing the competitiveness and efficiency of equipment, particularly electro-hydraulic press equipment. It is expedient to carry out modernization while preserving the existing equipment, to improve it by installing new elements of mechanization and automation following modern standards.

It is known that the main consumer of electricity in an electrohydraulic press is the electric drive of a pump based on an asynchronous electric motor with a short-circuited rotor, for which the main direction of energy saving and increasing the efficiency is the transition from an unregulated electric drive to an adjustable one. This direction is accepted in world practice and is developing intensively. It is actively facilitated by three events that coincided in time: the emerging shortage of energy resources and a noticeable increase in their cost, and the rapid development of power electronics and microelectronics.

To date, the frequency-regulated asynchronous electric drive is the most successfully progressive technical solution in the field of automation of general industrial mechanisms and energy-saving technologies [1].

Results and discussion

Today, there is a tendency to use a frequency drive in various technological equipment. In particular, the division of the German company Bosch Group – Rexroth deals with the use of frequency drives in electro-hydraulic press equipment. This company is a pioneer in the attempt to combine hydraulics and electronics. The use of frequency-regulated drives for pumps provides a huge potential for reducing energy consumption and significantly reduces hydraulic energy losses [2].

By utilizing a frequency-regulated module in the electrohydraulic press equipment, it becomes possible to regulate the following parameters with precision:

- engine rotation speed;
- moments and limit values of torque;
- system pressure;
- acceleration, deceleration, acceleration, and braking;
- specific hydraulic characteristics.

The considered possibilities of the frequency drive give every reason to assert the prospects of their application in electro-hydraulic press equipment of the light industry. However, the mass introduction of the frequency drive is currently held back due to insufficiently researched work with press equipment and the high cost of the frequency converter.

This work aims to demonstrate the practicality of implementing a frequency drive in electrohydraulic press equipment used in the light industry. This will help to reduce energy consumption, increase automation of technological processes, enhance the lifespan of technological and electrical equipment, and reduce wear and tear.

In connection with the growing requirements for the press equipment of the light industry in terms of energy saving and functionality, new solutions for its modernization are needed.

In the light industry of Ukraine, outdated press equipment with an electro-hydraulic drive is widely used to perform various technological operations (cutting, perforation, embossing, etc.), which today is quite energy-consuming.

According to the design, electro-hydraulic presses can be divided according to the type of movement of the working body: traverse, carriage, cantilever without striker rotation, and striker rotation [3].

Each type of press has its basic design, from simple presses with manual control and manual feed of cut-out materials and cutters to automatic presses with program control and automatic material feed.

Electrohydraulic press equipment is a versatile tool that can be used for various tasks related to shoe production. For instance, it can be used for cutting shoe materials such as PVG-8-2-O, PKP-16, HSP-558/3 - "Atom" (Italy), CF526 AT - "Chenfeng" (Taiwan). It is also useful for embossing and perforating shoe upper parts such as PGTP-45-O, 22ES - "Schon" (Germany), and X-608A - "Zhuxin" (China). The equipment can also be used for creating soles and insoles, for instance, P-64 – “Banf” (Italy). It is helpful for gluing shoe soles with glue such as PPG-4-O, QF-818B – “Qifeng” (China). Also, the equipment is useful for the hot vulcanization of rubber soles on shoes such as PVG-1, PVG-3N-0, 101082/P32 - "Svit" (Czech Republic), etc.

The reliability and durability of the press hydraulic system are most affected by the conditions and modes of operation of the press equipment [4]. The main factors that reduce the reliability of hydraulic press systems are vibrations of hydraulic equipment; temperature increase, drops and pressure fluctuations of the working fluid; hydraulic shocks, and pressure drops.

During long-term operation of electro-hydraulic press equipment in overload modes, some shortcomings in their operation can be observed, such as [5]: overheating and oil leakage, violation of the tightness of the hydraulic system, failure of control and regulation equipment. Due to a significant increase in the working pressure in the oil, air bubbles appear in the area of the drain pipeline, which in turn leads to the unevenness of the flow and an increase in the number of undercuts [6].

Important factors affecting the overload of electrohydraulic presses are the stiffness of the press-striker-cutter-plate system and the deformation of the table-cutting plate-cutter-striker-rod system [7]. For example, when felling a small area with cutters, excessive loads occur due to their significant penetration into the slab. Also, the overloading of presses is affected by delays in the operation of electrical and hydraulic equipment, which leads to an increase in pressure in the hydraulic system during felling at the end of the technological process. This leads to hydraulic system equipment breakdowns, rapid wear of cutters, and cutting plates, as well as an increase in consumed electricity and heating of the working fluid.

In the light industry, console presses with manual and automatic rotation of the impactor, which are used for cutting soft upper skins, and multi-layer textile roll materials, have become the most widespread. Their wide use is due to small dimensions, high productivity, as well as lower cost compared to other types of presses.

Thus, in the example of work [8], where a study of the energy and power parameters of electrohydraulic press equipment based on the PVG-8-2-0 press was carried out during felling operations, it is possible to demonstrate at which points the rapid consumption of electrical energy and pressure drops occur.

Fig. 1 and Fig. 2 show graphs of changes in consumed power and pressure during felling operations [8]. As can be seen from the graphs, the biggest jump in consumed power and pressure occurs during felling in section v. In a short period, there is a significant increase in the consumed power and pressure in this area. Significant overloading of the press equipment leads to breakdowns in the hydraulic system of the press, oil heating, and a rapid increase in the temperature of the motor windings. With each new cutting operation, the heating of the motor windings and the oil increases, which can eventually lead to the failure of the press. An important task is to reduce the deviations of the consumed power and pressure in the system.

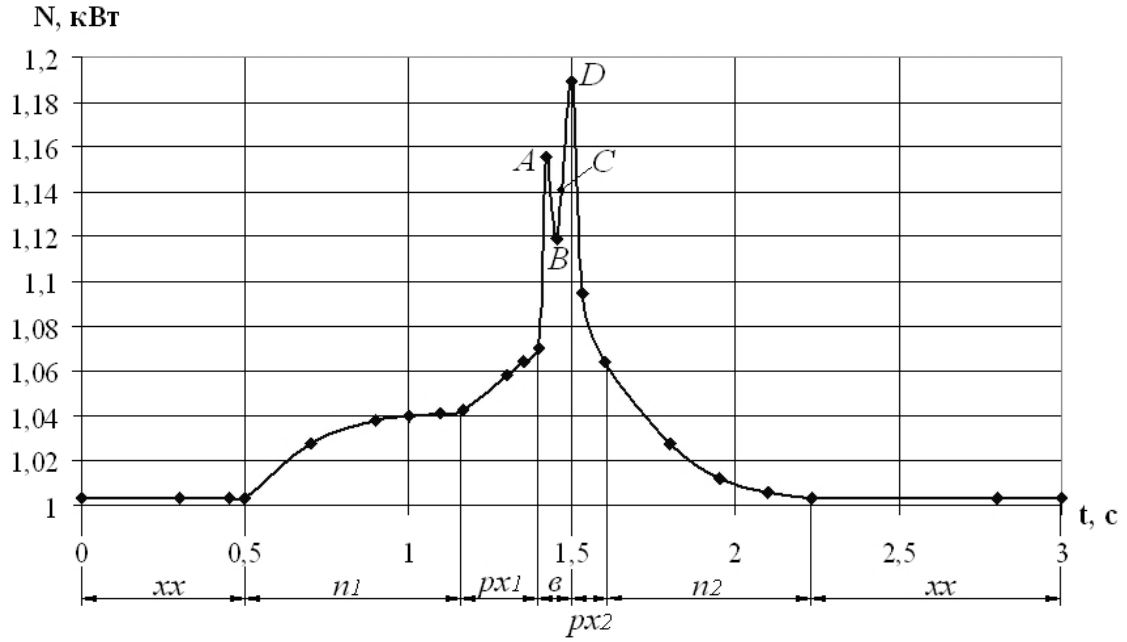


Fig. 1. Graphical dependence of the change in consumed power on the time of operation during felling: xx – idling speed (stick of the impactor); p1 – turning the striker into the working position; px1 – lowering the striker to contact with the cutter; в – felling; px2 – lifting of the striker; p2 - the return of the striker to the initial position

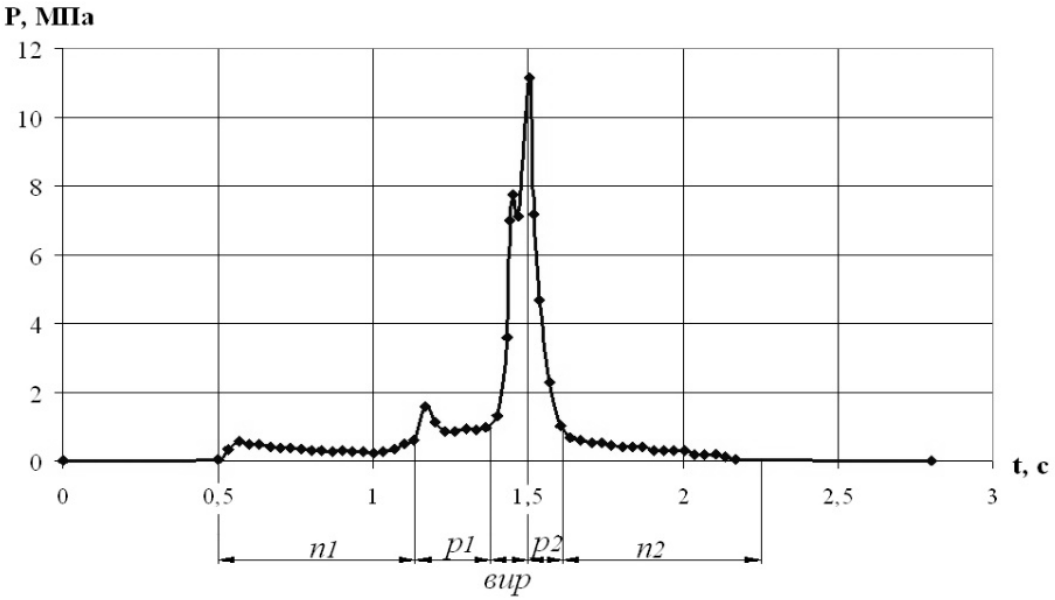


Fig. 2. Graphical dependence of the pressure change in the hydraulic system during the execution of the cutting operation: p1 – turning the impactor into the working position; p1 – lowering the impactor to contact with the cutter; vortex - felling; p2 – raising the striker; p2 - the return of the striker to the initial position

The conducted analysis of the shortcomings of electrohydraulic press equipment indicates the possibility of its improvement through the use of the latest technologies.

One of the promising solutions for the modernization of electrohydraulic press equipment is the use of a frequency converter in the press drive. The frequency converter provides smooth regulation of the motor speed in a wide range and high stability of mechanical characteristics. In this case, speed regulation is not accompanied by an increase in engine slippage, so power losses during regulation are small.

When using a frequency drive in electro-hydraulic press equipment, the following benefits can be achieved:

- maintaining stable working pressure during cutting operations without sudden drops or jumps;
- reducing oil heating;
- setting different operating pressures in the system for felling with cutters of different sizes;
- limiting the current to the nominal level in start-up, working, and emergency modes, thus reducing the load on the pump motor;
- increasing the service life of the mechanical and electrical parts of the equipment.

The purpose of further work will be:

- development of an experimental installation for the study of electrohydraulic press equipment;
- conducting experimental research on existing and improved electrohydraulic press equipment;
- optimization of power and energy parameters of electrohydraulic press equipment, taking into account the technological effort of felling and the dynamics of the work cycle;
- identifying ways to improve the technical and economic indicators of electrohydraulic press equipment with frequency control, such as: increasing efficiency and reducing energy consumption;

- determining the possibility of implementing research results at light industry enterprises.

Conclusions.

The conducted review of electro-hydraulic press equipment, as well as their shortcomings, showed that one of the promising ways to solve these shortcomings is the modernization of the pump drive by using a frequency converter. This will make it possible to reduce the consumption of electrical energy and pressure drops in the system during the technological operation and ensure not only the saving of electricity but also the reduction of the load on the engine.

Bibliography.

1. Kotin D. A. Adaptivnye algoritmy bezdatchikovogo vektornogo upravlenija asinhronnymi elektroprivodami podjomno-transportnyh mehanizmov : dis. na soiskanie uchen. stepeni kand. tehn. nauk :spec. 05.09.03 “Elektrotehnicheskie kompleksy i sistemy” – Novosibirsk, 2010. – 162s.[in Russian]
2. Hendrisk G. Chastotno-reguliruemye privoda dlja nasosov Bosch Rexroth, O Presse – 2012 – S. 42. – Rezhim dostupu do stat. : http://www.boschrexroth.com.ua/country_units/europe/russia/ru/br/Fe_converters.pdf.[in Russian]
3. Polishhuk O.S. Analitichnij ogljad isnujuchih metodiv i zasobiv virubuvannja detalej na pidpriємstvah legkoї promislovosti / O.S. Polishhuk, A.K. Karmalita // Visnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu. – 2008. – № 2. – S. 85–90.[in Ukrainian]
4. Chugaev R.R. Gidravlika / Chugaev R.R. – L., Jenergija, 1975. – 600 s.[in Russian]
5. Prohorov V.G. Diagnostika nepoladok gidrosistem / Prohorov V.G. – M. : Mashinostroenie, 1972. – 360 s.[in Russian]
6. Sivchenko N.A. Prichiny peregruzki pressov dlja vyrubki detalej verha obuvi / N.A. Sivchenko, L.V. Sidorec, I.V. Panasjuk // Tehnologija legkoj promyshlennosti. Izvestija VUZov. – K., 1984. – № 1. – S. 129–131.[in Russian]
7. Piskorskij G.A. Issledovanie deformacii sistemy stol-udarnik vyrubnyh pressov konsol'nogo tipa / G.A. Piskorskij, V.I. Tolochko // Tehnologija legkoj promyshlennosti. Izvestija VUZov. – K., 1981. – № 1. Soobshh. 1. – S. 116–120.[in Russian]
8. Jakimchuk D. M. Vdoskonalennja presiv dlja virubuvannja detalej virobiv legkoї promislovosti : dis. na zdobuttja nauk. stupenja kand. tehn. nauk : spec. 05.05.10 “Mashini legkoї promislovosti” – Hmel'nic'kij, 2011. – 126s.[in Ukrainian]

MODELOWANIE KONTROLOWANEGO UWLANIANIA LEKÓW
MODELING OF CONTROLLED RELEASE OF DRUGS

Kazimierska-Drobny K.[1], Małolepsza O.[2], Wirwicki M.[1], Olszewski I.[1]
[1] Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Wydział Mechatroniki, Poland
[2] Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Wydział Informatyki, Poland

Abstract. This work presents a review of drug release modeling in the human body. It is assumed that the mathematical models used in simulation will facilitate the optimization of medicinal products. Traditional delivery systems (TDS) are characterized by immediate and uncontrolled drug release kinetics. Consequently, the drug concentration can dangerously approach the toxic threshold, only to subsequently fall below the effective therapeutic level. In a controlled release system (CRS), also referred to in the literature as a drug delivery system (DDS), the drug concentration in the blood or target tissues is maintained at the desired level for as long as possible. In a CRS, it is possible to control both the drug release and its duration. Mathematical modeling is highly beneficial for this purpose, as it can predict controlled release system (CRS) kinetics before the systems are implemented. Alternatively, it allows the measurement of important physical parameters, such as the drug diffusion coefficient, through model fitting on experimental release data. Therefore, mathematical modeling, which requires a comprehensive understanding of all the phenomena affecting drug release kinetics, plays a crucial role in CRS/DDS optimization.
Various mathematical theories quantifying mass transport phenomena in different types of controlled drug delivery systems have been reported in the literature. These theories can be classified according to the physicochemical phenomena involved, such as diffusion, swelling, and/or dissolution/erosion. However, in many cases, two different mechanisms must be considered simultaneously. The predictive power of these theories depends on the appropriate consideration of all physicochemical phenomena.
The proposed model solutions represent only subsequent stages of the entire drug release process, which can facilitate the optimization of medicinal products. Mathematical simulations for modeling the controlled release of an example drug confirmed the possibility of controlling the rate and profile of release by changing parameters in the model. The choice of the appropriate model for a given application depends on several factors. For the development of new pharmaceutical products or the elucidation of drug release mechanisms, the most important factor is the desired predictive capability.
Keywords: drug delivery system, mathematical modelling, drug release kinetics.

Introduction

Traditional delivery systems (TDS) are characterized by an immediate and uncontrolled drug release kinetics. Consequently, it is possible for the drug concentration to dangerously approach the toxic threshold, only to subsequently fall below the effective therapeutic level[1-2].

Administration of drugs via therapeutic systems with controlled release offers numerous benefits to patients. By adjusting the therapy to remain within the therapeutic window throughout the entire administration period and reducing the drug dosage, it alleviates the difficulties patients face when taking drugs via injections. Very often, drugs can be introduced into carriers that reach the site of the disease and release the drug locally. In a controlled release system (CRS), also referred to in the literature as a drug delivery system (DDS) [3], the drug concentration in the blood or target tissues is maintained at the desired level for as long as possible. In a CRS, it is possible to control both the drug release and its duration.

For this purpose, the use of mathematical modeling is highly beneficial, as it can predict controlled release system (CRS) release kinetics before the systems are implemented, or at the very least, it allows the measurement of important physical parameters, such as the drug diffusion coefficient, through model fitting on experimental release data. Therefore, mathematical modeling, which requires a comprehensive understanding of all the phenomena

affecting drug release kinetics, plays a crucial role in CRS/DDS optimization. There are various types of CRS [1], and drug release kinetics can be influenced by many factors, such as polymer swelling, polymer erosion, drug dissolution/diffusion characteristics, drug distribution inside the matrix, drug/polymer ratio, and system geometry (cylinder, sphere, etc.) [1, 3, 22]. Various mathematical theories have been reported in the literature, quantifying the mass transport phenomena occurring in different types of controlled drug delivery systems [20-21]. These theories can be classified according to the physicochemical phenomena involved, such as diffusion, swelling, and/or dissolution/erosion. However, in many cases, two different mechanisms have to be considered simultaneously. The predictive power of these theories depends on the appropriate consideration of all physicochemical phenomena [22].

The main purposes of the work are (i) to review the available mathematical models of controlled drug release, and then (ii) to implement these models in the Matlab computing environment.

Review of mathematical models of the controlled release of drugs

Mathematical and computational modeling can provide a better understanding of the influence of different design parameters, which may then either be used to reduce the number of experiments or more ambitiously, as a predictive screening tool for drug carriers. Generally, diffusion in tablets, taking into consideration the axial and radial transport, can be described as [21]:

$$\frac{\partial c_k}{\partial t} = \frac{1}{r}\left\{\frac{\partial}{\partial r}\left(rD_k\frac{\partial c_k}{\partial r}\right)+\frac{\partial}{\partial \theta}\left(\frac{D_k}{r}\frac{\partial c_k}{\partial \theta}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(rD_k\frac{\partial c_k}{\partial z}\right)\right\} \quad (1)$$

where c_k and D_k are the concentration and diffusion coefficient of the diffusing species (k=1 for water, k=2 for the drug), respectively, r denotes the radial coordinates, z is the axial coordinate, θ the angular coordinate, and r represents time.

The partial differential equation (1) can be solved under various conditions, e.g. constant or non-constant diffusivities, and using stationary or moving boundary conditions. For the investigated controlled drug delivery systems, two cases are relevant: (i) constant diffusion coefficient and stationary boundary conditions; and (ii) non-constant diffusion coefficients and moving boundary conditions. The solutions are briefly presented in [3, 4, 21].

In the alternative approach, the mathematical models are typically empirical or semi-empirical. Such models are also described as 0-dimensional-spatial models, as opposed to models described by partial differential equations (space-time models) called mechanistic models. The former usually results in relatively simple equations that facilitate use for experimental scientists. Since the pioneering work of Higuchi [5], many empirical and semi-empirical models have been developed through the decades. Empirical and semi-empirical models are the simplest and fastest approach to describing drug release. In most cases, they will not take into account the chemical and physical phenomena taking place during drug release. Empirical models are most often used when comparing release profiles for a single parameter, e.g. release rate constant. They can help determine the mechanism of release, but their ability to estimate the rate of release is relatively low [6]. This section presents an overview of the most important zero-dimensional models, including empirical and semi-empirical ones, based on which the graphical interface for modeling the controlled release of drugs was built.

Zero-order release kinetics

In the simplest case, the drug release process can be described by zero-order kinetics. The mass released from the material M_t after time t, the zero-order k_t velocity constant, is given by the equation:

$$M_t = k_t \quad (2)$$

Application of the model: This model is used to describe the drug dissolution of several types of modified pharmaceutical dosage forms, as in the case of some transdermal systems, as well as matrix tablets with low soluble drugs in coated forms, osmotic systems, etc. [7-8]. Moreover, zero-order oral drug release can be achieved by coating the tablet core. When the coating is permeable to both the active ingredient and water, the core becomes hydrated upon ingestion and the active ingredient dissolves until a saturation concentration or solubility is reached. The active substance is contained in a saturated reservoir and is released by partitioning from the reservoir into the membrane, diffusing through the membrane, and reaching the gastrointestinal fluid. The release rate constant is from core saturation, resulting in a fixed concentration gradient across the membrane. When this concentration falls below the saturation level, the rate of drug release decreases to zero. Transdermal patches can be designed to release the active ingredient with zero-order kinetics. The drug reservoir can be constructed from a variety of materials, ranging from mineral oil to complex formulations such as aqueous/alcohol gels. The reservoir system should provide zero-order drug release throughout the administration period, which requires the reservoir material to remain saturated with the drug throughout the life of the product. This can usually be achieved by formulating the drug as a suspension [7-9, 13-15].

First-order release kinetics

The release of a drug that follows first-order kinetics can be expressed by the equation:

$$\frac{dc}{dt} = -k \cdot c \quad (3)$$

Where c is the drug concentration, the first-order velocity constant k is the proportionality constant.

The modified equation of the first-order kinetics representing the fraction of the released mass is expressed by [6]:

$$\frac{M_t}{M_\infty} = 1 - exp\,(-kt) \quad (4)$$

where M_t is the total mass of substance present in the material, and M_∞ means the amount of drug at equilibrium.

Applicability of the model: The first-order kinetics equation can be used to describe the dissolution of drugs in pharmaceutical dosage forms, such as those containing water-soluble drugs in porous matrices [10]. This model is used to describe the absorption and/or elimination of various therapeutic agents. However, it is difficult to define first-order kinetics with basic theory. In this sense, first-order release kinetics states that the change in concentration concerning the change in time depends only on the substance [7-8, 11, 13-16].

Higuchi Model

The first example of a mathematical model aimed at describing drug release from a matrix system was proposed by Higuchi in 1963. This model applies to studying the release of water-soluble and low-soluble drugs incorporated in semisolid and solid matrices. Higuchi derived his equation for pseudo-steady-state conditions, which is true for systems containing a large

excess of the drug. Later changes by Higuchi made it possible to calculate the released mass from other systems with different geometries. The drug mass released M_t at time t from a flat plate is given by the formula [5]:

$$\frac{M_t}{A_t} = \sqrt{D(C_0 - C_s)C_s t} \quad (5)$$

where M_t is the cumulative mass of the released drug, A_t defines the contact surface of the material with the skin, C_0 is the initial drug concentration, C_s is saturation concentration, and D is diffusion coefficient [5].

Applicability of the model: The Higuchi model can be used to describe drug dissolution from several types of modified-release pharmaceutical forms, as in the case of some transdermal patches and matrix tablets with water-soluble drugs [10]. A mathematical model to describe drug dissolution from matrix systems was developed only in the 1960s. From 1961 to 1963, there was tremendous progress in developing mathematical models to understand drug release. In 1961, Higuchi published probably the most famous and most widely used mathematical equation describing the rate of release of drugs from matrix systems. The subject of the study was the rate of drug release from ointment vehicles (planar systems) containing drugs in suspension [5]. In 1962, the data on the release of a drug from an ointment was analysed [17]. Moreover, in 1963, a "long-acting drug mechanism" was proposed [18]. Various model expressions can be found, among others, in the works [7-8, 13-16].

Peppas Model

In the literature, the Peppas model is known as the Ritger-Peppas model and the Korsmeyer Peppas model [7-8, 14], or as the Power Law model [11]. The model proposed by Peppas is the most commonly used. It presents the substance release equation, which is expressed by the formula [19-20, 22]:

$$\frac{M_t}{M_\infty} = kt^n \quad (6)$$

where M_t is the amount of drug released at time t, M_∞ means the amount of drug at equilibrium (sometimes very close to the amount of drug contained in the dose form at the beginning of the release process), and t is time [11, 22]. The values of the exponent n may vary depending on the geometry of the carrier as well as the release mechanism. Moreover, the parameter k is a constant related to the structure of the drug-containing carrier. The values of the exponent n are shown in [7-8]

Applicability of the model: The Peppas model is typically used to analyse the dissolution of pharmaceutical polymer dosage forms where the release mechanism is not well known or where more than one type of release phenomenon may be involved [10]. This model was developed specifically for the release of drug molecules from a polymer matrix, such as a hydrogel. Over the past few decades, many scientists have modified the form of this equation [11]. For HPMC-based systems, it should be noted that the use of exponentiation can only give limited insight into the exact mechanism of drug release. Even if exponent n values were found that indicate a diffusion-controlled drug release mechanism, this is not automatically valid for HPMC. As with the Higuchi equation, the information obtained should be treated with caution. However, the power law is already more comprehensive than the Higuchi equation [20]. A modification of the Peppas model is the Peppas-Sahlin model described in the papers [11, 12, 14].

Hopfenberg model

Many modifications have been made to the above-mentioned models, including the Hopfenberg model. Hopfenberg developed a mathematical model to correlate drug release from polymers that erode on the surface of the polymers as long as the surface remains solid during the degradation process. This can be described with the equation:

$$\frac{M_t}{M_\infty} = 1 - \left[1 - \frac{k_0 t}{C_L} a\right]^n \quad (7)$$

where M_t is the amount of drug released in time t, M_∞ is the amount of drug released in infinite time, $\frac{M_t}{M_\infty}$ defines the fraction of dissolved drug, k_0 means the zero-order rate constant describing the polymer degradation process, C_L is the initial drug charge in the system, a is half-thickness of the system, n is carrier geometry, and t means the time during which the drug is released.

Applicability of the model: The Hopfenberg model is used to identify the release mechanism from optimised oleo spheres based on data obtained from a composite profile that generally exhibits site-specific biphasic release kinetics [10]. This is a model used to explain drug release from erodible polymers with different geometrical forms. Hopfenberg proposed a series of equations to describe drug release from planar, spherical, or cylindrical films with heterogeneous erosion [7- 8, 14, 23].

Gompertz model

The in vitro dissolution profile is often described by a simpler exponential model known as the Gompertz model, expressed by the equation:

$$X(t) = X_{max} exp\left[-\alpha e^{\beta log t}\right] \quad (8)$$

where X(t) is the percentage of dissolved solution in time t divided by 100, X_{max} is the maximum dissolution, α defines the undissolved part at time t=1, described as a location or scale parameter, and β is the dissolution rate per unit time, defined as the shape parameter [7-8, 10, 14].

Applicability of the model: The Gompertz model is useful for comparing the dissolution profiles of drugs having good solubility and an average release rate [7, 10, 13, 15-16].

Baker-Lonsdale Model

Baker and Lonsdale, inspired by the Higuchi model, created a drug release model, which is described by the following formula:

$$\frac{3}{2}\left[1 - (1 - \frac{M_t}{M_\infty}\right]^{2/3} \frac{M_t}{M_\infty} = k_t \quad (9)$$

where the release rate constant k_t, corresponds to the slope, and M_t and M_∞ are the amount of drug released in time t and in infinite time respectively.

Applicability of the model: This equation has been used to linearise the dissolution data from several microcapsules or microsphere formulations [7-8, 10, 14-15].

Hixson-Crowell Model

Hixson and Crowell noticed that the surface area of a regular molecule is proportional to the cube root of its volume. They derived the equation:

$$\sqrt[3]{W_0} - \sqrt[3]{W_t} = \kappa t \quad (10)$$

where W_0 is the initial amount of the drug in the matrix, W_t defines the amount of drug released at time t, and k is a constant, which considers the relationship between the surface and volume.

Applicability of the model: The Hixson-Crowell model is applied to pharmaceutical forms such as tablets, where dissolution occurs in planes parallel to the drug surface if the dimensions of the tablet decrease proportionally such that the initial geometric form remains constant throughout [7-8, 10, 13-16].

Weibull Model

This model uses the Weibull distribution, which is described as an equation for various dissolution processes:

$$M = M_0 \left[1 - e^{-\frac{(t-T)^b}{a}}\right] \quad (11)$$

where M is the amount of drug dissolved at time t, M_0 is the total amount of drug released, T defines the delay measured as a result of the dissolution process, a is a scale parameter describing the time dependence, and b describes the shape of the dissolution curve.

Applicability of the model: The Weibull model is more useful for comparing drug release profiles from a matrix [7-8, 10, 13].

Other models that can be found in the literature include the Gallagher-Corrigan model, the Conney model and the Sequential layer model [8]. Comparisons of the results of experimental research with the presented mathematical models can be found, among others, in the works [14-16, 20].

Conclusions

Medicine plays an integral role in the lives of many people, making it crucial to understand how drugs are released in the body and how this release can be controlled. Mathematical modeling allows for the visualization of the distribution of drug concentrations released in a controlled manner within the human body and supports the optimization of existing pharmaceutical products. The proposed models represent successive stages in the entire drug release process, and further work in this direction promises additional benefits. Mathematical models used in such simulations can facilitate the optimization of medicinal products. Through mathematical simulations modeling the controlled release of example drugs, it has been confirmed that it is possible to control the release rate and profile by adjusting parameters in the model. Choosing the right model for your application depends on various considerations, with the most important factor, especially when developing new pharmaceutical products or elucidating drug release mechanisms, being the desired predictive ability.

„This work was co-financed by the Polish
Minister of Science under the program “Regional Initiative of Excellence”









Bibliography

1. Grassi M., Grassi G. (2005), Mathematical modelling and controlled drug delivery: matrix systems. Current Drug Delivery 2,97-116
2. Bhagwat R.R., Vaidhya I.S. (2013), Novel drug delivery systems: An overview. International Journal of Pharmaceutical Science and Research. 4(3), 970 - 982
3. Pontrelli G., Toniolo G., McGinty S., Peri D., Succi S., Chatgilialoglu C. (2021), Mathematical modelling of drug delivery from pH-responsive nanocontainers. Computer in Biology and Medicine. 131, 104238, 1-8.
4. Lou X., Munro S., Wang S. (2004), Drug release characteristic of phase separation pHEMA sponge materials. Biomaterials 25 5071-5080.
5. Higuchi T. (1961), Rate of release of medicaments from ointments bases containing drugs in suspension, J Pharmaceut. Sci 50 (10), 874 875.
6. Nakielski P. (2015), Systemy uwalniania leków oparte na nanowkłóknach, Instytut Podstawowych Problemów Techniki, Polska Akademia Nauk, Warszawa, (in polish)
7. Dash S., Murthy P. N., Nath L., Chowdhury P. (2010), Kinetic modeling on drug release from controlled drug delivery systems. Acta Poloniae Pharmaceutica –Drug Research, 67,217 223.
8. Paarakh M.P., Jose P. A., Setty C.M. Chrostoper G.V.P. (2018), Release kinetics – coce pt and application. International Journal of Pharmacy Reserch & Technology. 8,1-20.
9. Walters, K. A., & Brain, K. R. (2009), Dermatological formulation and transdermal systems.
10. Peppas, N. A., &Narasimhan, B. (2014), Mathematical models in drug delivery: How modeling has shaped the way we design new drug delivery systems. Journal of Controlled Release.
11. Bruschi, Strategies to Modify the Drug Release from Pharmaceutical Systems
12. Freire M.C., Alexandrino F., Marcelino H., R., Picciani P.H., Silva K.G., Genre J., Oliveira A.G., Egiti E.S. (2017), Understanding drug release data through thermodynamic analysis. Materials,10,651, 1-18.
13. Shoaib M.H., Siddiqi A. Yousuf R.I. Zaheer K., Hanif M., Rehana S., Jabeen S. (2020), Development and evaluation of hydrophilic Colloid matrix of famotidine tablets. PharmSciTech 11, 2, 708-718.
14. Jafari M., Kaffashi B. (2016), Mathematical kinetic modeling on isoniazid release from Dex-HEMA-PNIPAAm nanogels. Nanomed Res J 1(2), 90-96
15. Ramteke K.H., Dighe P.A., Kharat A.R., Patil S.V. (2014), Mathematical models of drug dissolution: A review. Scholars Academic Journal of Pharmacy, 3(5), 388-396.
16. Biyani S.R., Moon R. S., Gattani S.G., Kothawade S.A. (2019), Formulation and evaluation of cevimeline hydrochloride orally dissolving for sjogrens syndrome by optimal design. World Journal od pharmaceutical and medical research., 5(8), 166-178.
17. Higuchi, W. I. (1962), Analysis of data on the medicament release from ointments, Journal of Pharmaceutical Sciences, 51:802-4
18. Higuchi, T. (1963), Mechanism of sustained-action medication, Journal of Pharmaceutical Sciences, 52:1145-9
19. Lao L.L., Peppas N.A, Boey F.Y.C, Venkatraman S.S. (2011), Modeling of drug release from bulk-degrading polymers. International Journal of pharmaceutics, 418(1):28-41
20. Siepmann J., Peppas N.A. (2012), Modeling of drug release from delivery systems based on hydroxypropyl methylcellulose (HPMC). Advanced Drug Delivery Reviews. 64 163-174.

21. Siepmann J., Streubel A., Peppas N.A. (2002), Understanding and predicting drug delivery from hydrophilic matrix tablets using the “sequential layer model. Pharmaceutical Research, Vol 19, No. 3, 306-314.
22. Peppas N.A., Bures P., Leobandung W., Ichikawa H. (2000), Hydrogels in pharmaceutical formulation. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics 50 27-46.
23. Katzhendler, I., Hoffman, A., Goldberger, A., & Friedman, M. (1997), Modeling of drug release from erodible tablets. Journal of Pharmaceutical Sciences, 86(1):110-5

MOTIVATION ASPECTS OF TEACHER AND STUDENT INTERACTION IN THE PROCESS OF IMPLEMENTING A COMMUNICATIVE APPROACH TO MASTERING A FOREIGN LANGUAGE

Kharzhevska O., Oleksandrenko K., Rudoman O.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. With a communicative approach to learning, special attention is paid to the process of communication, but and not to mastering language forms, which redefines the cooperation between the teacher and the learner in the learning process. The reasons for this state of affairs are both objective and subjective. The objective ones include the social context, language environment, conditions, organization and methods of education. Subjective reasons arise from objective ones and are manifested in insufficient motivation to learn a foreign language, lack of personal meaning, the presence of an attitude of inability to master the subject after several years of fruitless attempts to study it at school. Both objective and subjective reasons arise from the specifics of both the "foreign language" educational discipline itself and the motivation for mastering it.

Cognitive interest is recognized as one of the most motivating factors. Interest is a "specific motive of a person's cultural and cognitive activity", it is the focus of attention, thoughts, and feelings on a subject that has perceived significance and emotional appeal for a person. The article singles out that the most productive is the structural approach to the study of motivation. The structure of educational motivation is a complex of motivations united by certain relationships based on subordination and hierarchy depending on their significance for the individual.

The study reveals that within the virtual community of the curriculum, teachers and students assume diverse primary roles, encapsulated in three distinct role relationship models: instructors and learners in the extension of teaching, emotionally engaged listeners and narrators, and collaborative creators of meaning communication.

The research shows the idea that the student's personality is at the center of learning. The teacher is called upon to actively form during the learning process the student's ability to work independently, which ensures his creative activity, and in turn, the ability to self-evaluate and self-control is generally recognized for most modern concepts of language learning.

The practice of various teaching methods explains that the potential role of the relationship between the teacher and the student can be different. The article explores that a communicative approach to learning involves establishing a more symmetrical relationship between the teacher and the learner (friend-friend, colleague-colleague, team member-team member).

The methods of implementation of the communicative approach to learning develops the partnership relations between the teacher and students, benefits creative interaction of all participants in the educational process. Language teaching and language learning are considered as a single process of interaction.

Keywords: Motivation, interest, communicative approach, foreign language learning.

Introduction

The problem of motivation is one of the leading in psychology. The study of the individual is impossible without taking into account his motivation, which affects the behavior of the individual, his attitude to all spheres of life, relations with the people that surround him in the process of educational, professional, and organizational activities. Knowledge of psychological patterns of development and formation of motivation allows to more successfully solve the task of training and educating the students of a higher educational institution, their preparation for productive, creative work. No doubt, the motivation of educational and professional activities has particular importance. Knowing the motives of learning, you can more actively influence learners' formation and development.

The motivation for learning in general is not the number of different incentives for studying individual subjects, but a new, more complex formation that has its own specific characteristics. We understand learning motivation as a set of motivations for learning and recognize that learning motivation consists of many factors that constantly change and enter into new relationships with each other. T. Lamb talks about the possibility of using the term "motivation" in a narrower and a broader sense. In the first case, it is the motivation of specific forms of human behavior, in the second case, it is a set of psychological moments that determine human behavior as a whole [1].

With a communicative approach to learning, special attention is paid to the process of communication, but and not to mastering language forms, which redefines the cooperation between the teacher and the learner in the learning process. Let's try to answer the following questions: how the influence of the teacher and the student in the modern foreign methodology is characterized? What are the roles of the teacher and the learner in the learning process? What are the specific requirements for these roles?

Presentation of the main research material

Motivation is understood as a system of incentives: motives, needs, interests, aspirations, goals, urges, motivational attitudes or dispositions, ideals. Other authors hold a similar view. The concept of "motivation" is revealed as a system of motives "in its certain construction, hierarchy", and also as one that has "some structural and functional unity". Thus, in the definitions of different authors, the concept of "motivation" has different meanings. We tend to agree with those authors who believe that motivation includes all kinds of motivations, namely: needs, interests, motives, goals, inclinations, attitudes, etc., that is, motivation is a subjective determination of human behavior by the world, mediated by the process of its reflection [4;5;6;8;13].

The idea that the student's personality is at the center of learning, and the teacher is called upon to actively form during the learning process the student's ability to work independently, which ensures his creative activity, and in turn, the ability to self-evaluate and self-control is generally recognized for most modern concepts of language learning. The organization of learning depends on how the student's role in this process is considered [1;2;14].

The learning method is determined mainly by the expected participation of the learner in the learning process. This is demonstrated in the types of activities of those who are studying, the degree of their control over the learning process, the degree of influence of an individual learner on the success of learning others, in relation to the one being taught, as an initiator, an active participant in the learning process, capable of solving problems. The audio-lingual method, for example, is criticized mainly because within this method the learner was assigned a very limited role, it was seen as a mechanism organized according to the principle of "stimulus-response", for which language acquisition was a direct result without an end of repetitive training.

Representatives of the communicative direction in teaching foreign languages, rethinking the nature of the relationship between the learner and the teacher, pay special attention to the role of the learner in the learning process and taking into account their individual characteristics. O. Volobueva defines the role of the learner in the individual approach to learning as follows [3]:

a) the learner makes his own learning program and thus takes responsibility for what the students do in the group;

b) those who study, monitor and evaluate their progress in education;

c) those who learn are members of a group and learn by interacting with each other;

d) those who study, teach each other;

e) those who study receive knowledge from the teacher, other students and from various educational sources. For example, the counseling-learning method is based on taking into account the changing roles of learners in the learning process, which is due to the development of the learner. The metaphor of ontogenesis is used to define this development.

This method involves the division of the development process into five stages, keeping in mind the dependence of the learner on the teacher in the first stage and complete independence in the final stage. The developmental stages of the learner are seen as parallels to the growth of a child from an embryo to an adult who has passed through the periods of childhood and adolescence.

In modern methodical literature, there is a growing interest in the study of the person being taught as an independent participant in the educational process. L. Dickson argues for the necessity of developing the skills of independent activity of those who study, based on the following [5]:

1. Practical reasons. In some situations, students cannot attend classes regularly, so self-study is the only way out.

2. Individual characteristics. The development of independent activity skills will provide the opportunity to train students and cadets with various abilities, strategies of cognitive activity.

3. Formative goals. The independent activity of those who study contributes to the development of strategies that characterize "good student", as well as ensures his autonomy and conditions for further education.

4. Motivation. The development of independent activity skills has a positive effect on motivation.

The use of communication in the educational process leads to a new understanding of the role of what is being learned. At the same time, the following definition of the student's role in communicatively oriented education is given:

The role of learner as negotiator – between the self, the learning process, and the object of learning – emerges from and interacts with the role of joint negotiator within the group and within the classroom procedures and activities the group undertakes. The implication for the learner is that he should contribute as much as he gains, and thereby learn in an interdependent way

The role of the listener as a mediator – between themselves, the learning process and the subject of learning emerges and is interconnected with the role of the general mediator within the group and in the activities in the class, and in the types of activities in which the group participates. The requirements for the listener are that he should invest as much as he receives. Thus, it learns by an interdependent means. It should be noted that the communicative approach to learning suggests that students should learn how to learn so that they can take more responsibility for their own learning. They need to learn to cope even with language situations for which their linguistic reserve is not quite adequate, to be able to evaluate their progress in mastering the language, to be able to identify and solve educational problems. The development of students' autonomy is a consistent process that the teacher must carefully manage.

Perhaps the most difficult task for a teacher is to choose the optimal means of developing the gradually growing autonomy of cadets and trainees. In communicatively oriented learning, it is assumed that students discuss and develop together with each other and the teacher the choice of goals and means of their achievement, researching in practice how to better use and improve existing skills and knowledge. In foreign methodical literature, the concept of "good student" is often used.

Methodists emphasize the cooperative nature of student interaction in the educational process, where successful communication is the merit of the collective activity of all communication participants.

"Good student" is ready:
- to communication at any opportunity (in the group and outside of classes);
- actively and personally interested in participating in educational activities;
- discuss and make suggestions about the choice of texts and tasks;
- make compromises;
- exchange knowledge, experience, impressions;
- respect the individuality of others;
- have doubts and take risks;
- learn to find structural groups in the language being studied;
- to look for means of memorizing the language being studied;
- use sources (reference literature, correspondence, etc.);
- accept corrections both from the teacher and from fellow students;
- evaluate texts and assignments;
- evaluate own and general successes.

The growing interest in the problem of the development of the autonomy of the listener and cadet proves the appearance of new terms in the modern methodology, such as: self-instruction, self-direction, autonomy, semi-autonomy, self-access materials, individualized instruction, etc. These terms usually mean the following:

Self-instruction is a neutral term that refers to general situations in which students and cadets work without the direct supervision of a teacher.

Self-direction is a term that describes a certain attitude to the educational task, where the student takes responsibility for making decisions related to his educational activity, but at the same time, their activity is aimed at the implementation of these decisions, not mandatory.

Autonomy - the term describes a situation in which the trainee or cadet is fully responsible for all decisions and the validity of their implementation. With complete autonomy, the listener is completely independent of the teacher and any specially prepared materials.

Semi-autonomy is the stage at which the student is preparing to gain full autonomy.

Self-access materials – materials that are available and intended for independent work.

Individualized instruction is an educational process organized taking into account the individual characteristics and needs of an individual.

As can be seen from the above, all the terms refer to the description of learning technology and the relationship between students and the teacher, except for the term self-direction, which refers to the motivational sphere. The presence of personal motivation is a condition for success in learning a foreign language, but it does not necessarily imply independence from the teacher. The key to understanding this terminology is the idea of the student's responsibility for learning and what this responsibility consists of. The learning process should always be personal, individual. When learning a foreign language, the results achieved by an individual student definitely depend on the complex organization of educational materials, lessons, a series of exercises, a control system, etc. [6;13;14;15].

Traditionally, the teacher takes responsibility for organizing and managing learning in the group. British Methodist R.L. Allwright points out [4] that the teacher, who is responsible for a huge number of managerial organizational tasks, should shift at least part of these tasks to the shoulders of students. Such tasks, in his opinion, are: defining learning tasks, choosing learning materials, choosing methods of using materials, limiting time for completing learning tasks, choosing partners for pair and group work, summarizing and evaluating results, etc.

Self-directed learning often refers to learning in which the teacher constantly involves the learner in the decision-making process about the organization of learning, while the degree of responsibility of the learner for the results of his knowledge increases. His autonomy here means full responsibility for the implementation of learning tasks. The description of the concept of autonomy of the learner was widely reflected in the works of L. Dickson, T.

Hutchinson, E. Waters, and others. Ideas for the development of the autonomy of those who study are implemented in the creation of textbooks of the new generation.

Consider, for example, T. Hutchinson's textbook "Hotline" [7]. For the analysis of the interaction between the teacher and the student in the learning process, the provisions of the project work and training of the students are of interest. Project work, according to the author's idea, gives an opportunity to speak and write about one's own life, connecting the language being studied with one's experience and personal experiences. The principle of training a student (Learner training) assumes that through various educational activities, including conducting "learning diaries", creating projects, self-examination, students master the skills of independent work and prepare to take responsibility for their studies.

Hotline is both learner-centered and teacher-friendly. This thesis is confirmed by the content and organization of the educational material. This is especially evident in the work on the following stages:

I. Introduction page. The first page of each chapter introduces students and cadets to tasks, language material, forcing them to think and discuss what this chapter will be about. Working in pairs, students perform approximately the following tasks:

– Look through the unit and find examples of the new language items;

– Revise what you already know about the content and/or the language items;

– What is the tense called? Look in the contents list and find the name.

– Point to one of the examples on the board. What do you think this means? Translate the examples.

2. Learning Diary. At the end of each section, students and cadets are invited to fill out a study "diary". Discussion is possible in native language. For illustration, let's take task No. 5 of the "educational diary".

Self–check:

1) Describe what happens to the timber from the forest. Complete these sentences using the verbs in brackets:

a) The Trees... (chop down).

b) The timber... onto ships (load); etc.

2) Change these sentences into passive. Keep the same tense:

a) Timber companies have destroyed one third of Sarawak's forests.

b) The Penan leaders have sent letters to the UN.

Completing and discussing "educational diaries" helps listeners and cadets to correctly assess their progress in studying this material, to identify common difficulties, and to determine their attitude towards the correction of their mistakes by the teacher or fellow students. It is important that the discussion continues in a friendly atmosphere. Thus, students and cadets find rational means of independent work and feel more responsible for their studies.

3. Project work. Project work is the main feature of the "Hotline" textbook. Speaking about the growing autonomy of the student, it should be noted that the creation of projects gives students the opportunity to express their thoughts and experiences in a foreign language, to realize the creative ideas of both strong and weak students. Let's consider, for example, recommendations for a teacher regarding work on the "Your Lifestyle" project (#1).

This project can be done as an individual project or as a group project. It will work best if students discuss it as a group project and then draw their own individual lifestyle maps.

1) Divide the class into pairs or groups of 3 or 4.

– Students make a list of people that are influenced by.

– Students give their ideas. Answer keys family neighbours (possible ideas): parents pop stars older sister/brother politicians best friend sport stars school friend national heroes gang teachers.

– Groups discuss the questions.

2) A. Discuss the lifestyle map. Notes: The individual is at the centre of the map.

– People, places, things which influence the individual's life are arranged around the individual with relevant labels and text.

– Students produce a rough draft of their map.

b. Students put their ideas on a large sheet of paper.

– Students display their projects.

– Discuss the projects. Ask: What did you find easy or difficult in doing the project? What did you find out about your life in doing this project?

3) Students discuss their ideas.

The "Your Lifestyle" project can be done as an individual or group project. The work is carried out as follows:

1. Work in pairs or groups.

A) The group is divided into pairs of 3-4 people.

B) Students make a list of people who influence them.

C) Listeners express their opinion.

D) Listeners exchange opinions in groups.

2. Work in groups.

A) Listeners make individual "lifestyle maps" (in the center is the student's personality, around which are grouped people, events, life phenomena that affect the student's appearance or life).

B) Students demonstrate finished projects, discuss them in groups.

3. The whole group takes part in the discussion of projects. The role of the listener in the education system is closely interconnected with the status and functions performed by each in the educational process. The role of the listener and student is also related to the idea of the system of the language being studied, of the theory of language learning. Some teaching methods are based on complete dependence on the teacher as a source of information, knowledge, activity management; other methods consider the teacher as a consultant, assistant.

J. Richards and T. Rogers, making a comprehensive analysis of approaches and methods of teaching foreign languages, came to the conclusion that the role of the teacher in various methods depends on the following factors [9]:

A) types of functions of the teacher in the educational process (for example, manager, consultant, etc.);

B) the degree of control exercised by the teacher over the educational process;

C) the degree of responsibility of the teacher for the content of training;

D) schemes of interaction between the teacher and the student.

As the practice of various teaching methods shows, the potential role of the relationship between the teacher and the student can be different. Relationships are asymmetrical (for example, in the audio-lingual method: conductor-member of the orchestra, doctor-patient, coach-athlete, etc.). A communicative approach to learning involves establishing a more symmetrical relationship between the teacher and the learner (friend-friend, colleague-colleague, team member-team member).

The roles of learner and teacher are complementary in many situations. Giving the learner a different role, which implies, for example, greater initiative in the learning activity, requires the learner to adopt a different role.

According to the views of D. Gardner, M. Bream and K. Kedlin, within the framework of the communicative approach, the teacher performs three main roles:

- the facilitator of the communication process;
- an independent participant in communication;
- observer and researcher.

Other predictable roles of the teacher in the educational process, according to J. Richards and T. Rogers, are:

- needs analyst (needs analyzer);
- counselor;
- group process manager (group manager).

As an analyzer of the needs of cadets and trainees, the teacher assumes responsibility for determining these needs and taking them into account in the organization of training. In the role of an advisor, the teacher serves as an example of a communicator who connects the speaker with the listener using interpretation, confirmation, and feedback. As a group manager, the teacher must provide conditions for successful independent activity aimed at communication.

The teacher is not recommended to correct mistakes during the lesson, but only to take them on a note in order to demonstrate the correct answer options to the group at the end of the lesson, while giving an opportunity for self-correction, and after that to ensure the consolidation of this lexical and grammatical material in practice [8;9;10].

The main premise of the communicative approach to learning foreign languages is the idea of learning a foreign language as a means of communication. This makes special demands on the teacher, because it is up to him to create a certain atmosphere in the class that would facilitate communication. H. Krumm offers the following questions, the answers to which would help the teacher determine whether his actions meet the requirements of communicatively oriented education:

1. Support of cooperation and autonomy. R. Jones offers the following questions, the answers to which would help the teacher determine whether his actions meet the requirements of communicatively oriented education:

“Probe”– questions for identifying teacher attitudes that support communicative pupil behavior".

1. Support for cooperative activity and autonomy.

– Does the teacher offer more than one text/topic for discussion?

– Has the interest of the students and cadets been aroused?

– Do they make suggestions on the choice of text/topic?

– Do they make their own suggestions?

– Does the teacher justify his choice?

– Does the teacher comment on the statements of the students?

– Does the teacher suggest analyzing the text from the point of view of the cultural realities of the country of the language being studied and from the point of view of the culture of the listeners?

– Do listeners express objections from the point of view of their personal experience, emotional relationship?

– Does the teacher support the initiative of students to express (orally or in writing) their own attitude to texts / topics?

– Are they given the opportunity to conduct an independent joint discussion of their own statements?

– Do students become actively involved in group/pair work in order to develop their own attitude and opinion regarding the topic?

2. Partnership – behavior of the teacher. Partner behavior of the teacher.

– Do listeners want to express their own unconventional thoughts and ideas in the group?

– Does the teacher perceive such statements and try to include them in the discussion?

– Do listeners want to make free statements, even if they are not sure of their correctness?

– Does the teacher support his own opinions expressed by the students?

–Do students and trainees listen to each other, showing patience for other people's opinions?

– Does the teacher take into account the individual characteristics of everyone?

–Do the teacher and students try together to benefit from other people's experience and opinions?

3. Giving feedback and self-confidence as far as the use of the target language is concerned.

Feedback guidance and a sense of self-confidence when using the language being learned.

– Do the trainees and trainees try to express their problems/feelings through the means of the language being studied, despite language difficulties?

– Does the teacher help to find adequate expressions?

– Does the teacher stimulate individual/pair work of students so that they help each other, correct each other's mistakes?

– Do students know how to use dictionaries or other reference materials on their own?

– Does the teacher correct mistakes only after the listener or cadet has finished speaking?

– Does the teacher express joy if his students succeed?

Thus, the demands placed on the teacher focus on the communicative organization of the educational process, on stimulating learning motivation and are closely related to the methodical training of the teacher. Accepting these requirements, the teacher ceases to be a mere distributor of knowledge and evaluations and supports cooperative activity and the development of the autonomy of the listener, which corresponds to the nature of communicatively oriented education. The teacher must accept the point of view of the students, then he will be able to involve them in learning-communication [10;16].

We will give an example of a discussion with students on the selection of texts and methods of working with them, proposed by D. Gardner. The scholar emphasizes that this scheme is not a mandatory hierarchy of learning activities. Because their specific sequence is chosen for each specific group of learners. Thus, this model is designed to help the teacher avoid using any one linear sequence of learning activities. A communicative approach to learning involves the establishment of partnership relations between the teacher and students, creative interaction of all participants in the educational process. Language teaching and language learning are considered as a single process of interaction [8].

As you know, by teaching, we learn. The teacher is always a student himself, who must strive for professional self-improvement, experimentation, exchange of experience and knowledge. Analyzing the interaction between a teacher and a student in the educational process, V. Rivers makes the following remark: “Classroom relations reflect mutual liking and respect, allowing for both teacher personality and student personality in a non-threatening atmosphere of cooperative learning [6, p.285]”.

Relationships in the group reflect mutual sympathy and respect, stimulate the personality of the teacher and the personality of the student to cooperative learning, provided a friendly atmosphere is created. Indeed, speaking or writing about what a person thinks and feels is possible only in an emotionally positive atmosphere, when no one is afraid to make a mistake or look silly (neither a student nor a teacher) [11].

By involving them in interaction in the educational process, the teacher not only activates their intelligence or memory, but also establishes interpersonal contacts, mutual trust and respect, an atmosphere of cooperative learning. This does not mean that the teacher and those who are studying should always be in a joyful, high-spirited state. Some students, as well as teachers, are reserved in nature and do not immediately come into contact with strangers. The character and temperament of each individual is unique, and therefore requires respect and

patience, which once again indicates the need for a differentiated approach to the selection of content, teaching methods within the framework of a communicative approach [12].

Feedback can help instructors identify their strengths and weaknesses, monitor their progress, and adjust their teaching strategies accordingly. Feedback can also foster a positive learning environment, where students feel engaged, respected, and motivated to participate. Moreover, feedback can provide evidence of teaching effectiveness, which can be useful for professional development, promotion, and recognition. Therefore, considering the interaction of a teacher and a student during communicatively oriented education in a foreign methodology, the following questions are central: the development of student autonomy, the establishment of joint interaction of students, the reduction of the dominant role of the teacher, the establishment of partnership relations between the teacher and the student, the creation of a positive, trusting learning atmosphere [13;15;17]. The study reveals that within the virtual community of the curriculum, teachers and students assume diverse primary roles, encapsulated in three distinct role relationship models: instructors and learners in the extension of teaching, emotionally engaged listeners and narrators, and collaborative creators of meaning communication.

Consequently, community interaction predominantly serves the purpose of communication based on interactive mechanisms, identity affirmation, and the fostering of cohesive teacher-student relationships. The dynamics of teacher-student relationships necessitate multifaceted and multilevel approaches. Technology's significance in facilitating teaching interaction manifests richly in practical applications, albeit contingent upon the active involvement of both teachers and students as co-creators.

Conclusions

1. Despite numerous researches and developments by psychologists, pedagogues, and methodologists, learning a foreign language does not achieve the desired results and does not meet the modern requirements of the program for training foreign language specialists in higher military educational institutions. The reasons for this state of affairs are both objective and subjective. The objective ones include, in particular, the social context, language environment, conditions, organization and methods of education. Subjective reasons arise from objective ones and are manifested in insufficient motivation to learn a foreign language, lack of personal meaning, the presence of an attitude of inability to master the subject after several years of fruitless attempts to study it at school. Both objective and subjective reasons arise from the specifics of both the "foreign language" educational discipline itself and the motivation for mastering it at a higher military educational institution.

2. Learning motivation is a set of motivations for learning. We believe that learning motivation consists of many factors that constantly change and enter into new relationships with each other. The main functions of the motive are meaning-making, motivating, directing and goal-modelling. According to the content, motives are divided into external and internal, social and cognitive, and others, which play an important role in educational activities. External motives are related to factors that lie outside the educational activity.

Internal motives are directly related to the educational activity itself and the process of its occurrence. The advantage of external motivation over internal causes the need for special research and formation of internal motivation of learning. Cognitive interest is recognized as one of the most motivating factors. Interest is a "specific motive of a person's cultural and cognitive activity", it is the focus of attention, thoughts, and feelings on a subject that has perceived significance and emotional appeal for a person. Interest is based on need, always conscious, so it is easier to detect and manage its formation.

3. The most productive is the structural approach to the study of motivation. The structure of educational motivation is a complex of motivations united by certain relationships based on subordination and hierarchy depending on their significance for the individual. In the

analyzed literature, the study of the structure of motivation is descriptive in nature. It is necessary to create a model of motivation for learning foreign languages, focused on the formation of this kind of motivation for students to master a foreign language, the core of which should be communication in a foreign language in order to achieve communicative competence by those who are taught.

Bibliography

1. Lamb, T. (2004). 'Learning independently? Pedagogical and methodological implications of new learning environments. In: Reinders, H., Anderson, H., Hobbs, M. & Jones-Parry, J. (eds.) Supporting independent learning in the 21st century. Proceedings of the inaugural conference of the Independent Learning Association, Melbourne September 13-14 2003, p.9-18.
2. Legenhausen, L. (2003) 'Second language acquisition in an autonomous learning environment'. In D. Little, et al. (eds.) Learner Autonomy in Foreign Language Classrooms: Teacher, Learner, Curriculum and Assessment. Dublin: Authentik, pp. 65-77.
3. Volobuyeva, O. The formation of professional and communicative direction in students of the language specialty of military universities (psychological-linguistic aspect). 20.02.02 /- Dis...cand. of psychol. Science. Khmelnytskyi: National Academy of Borderguard Service of Ukraine, 1999. 194 p.
4. Allwright, R.L. (1988) 'Autonomy and individualization in whole-class instruction'. In A. Brookes & P. Grundy (eds.) Individualization and Autonomy in Language Learning. ELT Documents, 131. London: Modern English Publications and the British Council, pp. 35-44.
5. Dickson, M. (1996) ‘Promoting autonomy through a listening curriculum’. In E. Broady & M-M Kenning (eds.) Promoting Learner Autonomy in University Language Teaching. London: Association for French Language Studies / CILT, pp. 61-80.
6. Rivers, W.P. (2001) ‘Autonomy at all costs: an ethnography of metacognitive self-assessment and self-management among experienced language learners’. The Modern Language Journal, 85:2, 279-290.
7. Hutchinson T. (2003) Hotline (intermediate): Teacher’s book. Oxford University Press, 2003. 158 p.
8. Gardner, D. (2002) ‘Evaluating self-access learning’. In P. Benson & S. Toogood (eds.) Learner Autonomy 7: Challenges to Research and Practice. Dublin: Authentik, pp. 60-69.
9. Richards, K. (1994) 'Writing distance learning materials'. In K. Richards & P. Roe (eds.) Distance
10. Jones, R. (2002) ‘Small steps to learner autonomy: activities for the classroom’. In A.S. Mackenzie & E. McCafferty (eds.) Developing Autonomy. Proceedings of the JALT CUE Conference 2001. Tokyo: The Japan Association for Language Teaching College and University Educators Special Interest Group, pp. 171-176.
11. Hrynchyshyn O., Volobuyeva O. Regarding the basics of a communicatively motivated approach to foreign language acquisition // Problems of general and pedagogical psychology. Collection of scientific works of the Institute of Psychology named after H.S. Kostiuk of the Academy of Psychological Sciences of Ukraine. K., 2002. T.IV. Part 6. pp. 65-67.
12. Hrynchyshyn O. Motivational aspects of teacher-student interaction in the process of implementing a communicative approach to foreign language learning // Problems of general and pedagogical psychology. Collection of scientific works of the Institute of

Psychology named after H.S. Kostiuk of the Academy of Psychological Sciences of Ukraine. K., 2003. T.V. Part 2. - P.63-68.
13. Zanyuk S.S. (2002). Psychology of motivation. K . Lybid, 304 p.
14. Tikhonova T.B. Psychological-pedagogical reserves of increasing the effectiveness of group educational and cognitive activities on learning a foreign language at non-specialized faculties of higher education institutions: Diss… cand. of psychol. sciences: 19.00.07 / Kyiv University named after Taras Shevchenko. K., 1994. 179 p.
15. O'Brien, H. and Symons, S. (2005), "The information behaviors and preferences of undergraduate students", Research Strategies, Vol. 20 No. 4, pp. 409-423.
16. Goldman, S.R., Britt, M.A., Brown, W., Cribb, G., George, M., Greenleaf, C., Lee, Shanahan, C., Project READI (2016), "Disciplinary literacies and learning to read for understanding: a conceptual framework for disciplinary literacy", Educational Psychologist, Vol. 5 No. 2, pp. 219-246.
17. Vermunt, J. D., Vrikki, M., Dudley, P., and Warwick, P. (2023). Relations between teacher learning patterns, personal and contextual factors, and learning outcomes in the context of lesson study. Teach. Educ. 133:104295. doi: 10.1016/j.tate.2023.104295

THE SOLUTION OF PROBLEMS OF KINEMATICS AND DYNAMICS IN THE THEORY OF MECHANISMS AND MACHINES BY MEANS OF SOLIDWORKS MOTION

Kharzhevskyi V., Marchenko M., Tkachuk V., Mokrota A.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The usage of modern Computer-Aided Design (CAD) engineering software is so important for optimal design of mechanisms and machines. In particular, SOLIDWORKS Motion engineering software is used to study the kinematics and dynamics technical systems. One of the fundamental courses for mechanical engineering students is "Theory of Mechanisms and Machines" (TMM), and to solve the problems which are arisen within that course SOLIDWORKS Motion can be used, which enables to simplify the design process, shorten the design time and give an ability to carry out multi-parametric optimization procedures using different criteria. Besides, the usage of such technologies enables to transform the academic process and makes it much more interesting or the students.

The usage of SOLIDWORKS Motion allows to define the kinematics and dynamics characteristics of mechanisms or machines, regardless of the complexity of their structure. The TMM course for the students includes lectures, laboratory and practical work, as well as a course project. There are two aspects of using SOLIDWORKS Motion in the academic process: the first includes visual modeling and subsequent demonstration during the lectures the operation of mechanisms that are relatively rarely used in mechanical engineering, and the second aspect is in the calculation of kinematics and dynamics of mechanisms. This approach is implemented, in particular, in the study of linkage mechanisms, cam mechanisms, multi-link gear mechanisms.

While completing the course project, students use such technologies not just to create models of mechanisms, but to carry out a wide range of calculations in order to find displacements of any link or point of mechanism, velocities and accelerations, determine the reaction in kinematic pairs and the balancing driving force (moment) on the input link, by means of equations of kinetostatics. In real conditions of the operation of mechanism, it is important to find these values, as they are used later to calculate the strength of the mechanism parts, as well as to determine the dynamic characteristics of the machine drive.

The typical task in the academic course is the design of cam mechanisms, which includes the determination the cam profile, which would generate a given law of motion of the output link. Another interesting verification task is the determination of the transmission ratio of a multi-link gear mechanism with movable axes: students determine the gear ratio of the planetary gearbox with the number of teeth specified in the task, and then use the parameterized gears to create a model that is studied in SOLIDWORKS Motion. The final stage of studying SOLIDWORKS Motion within the TMM course is the modeling of the inverse kinematics of the work of the robot-manipulator arm (open kinematic chain with six degrees of freedom). The results can be used for programming the manipulator hand in order to obtain the trajectory of the movement of the working body.

So, the usage of SOLIDWORKS Motion both by design engineers at enterprises and in the academic process for students of mechanical engineering specialties allows to significantly speed up the process of designing mechanisms and machines. In addition, the usage of modern computer modeling methods and engineering analysis software makes the learning process more interesting, it develops students' ability to think creatively. These factors significantly increase the competitiveness of both existing and future mechanical engineer specialists at the labor market.

Keywords: kinematics, dynamic analysis, computer modeling, manipulator robots.

Introduction

Mechanical engineering is one of the main components of the economy of an industrially developed country. So, the degree of development of the industry depends on the perfection (productivity, accuracy, reliability, environmental friendliness, etc.) of the newly created machines. It is impossible to create a perfect design of a machine without thorough knowledge of the properties of its structure, principles of design and optimization of parameters,

manufacturing technology of its individual parts and assemblies. One of the "columns" on which modern mechanical engineering rests is the Theory of Mechanisms and Machines (TMM) – the science of general methods of studying the properties of mechanisms and machines and designing their structural and kinematics schemes. Therefore, it is at the initial stage of the creation of the machine, when choosing its structure and basic dimensions that determine its kinematic scheme, the basic characteristics are defined, which will determine the degree of technical perfection. Thus, the task of optimal use of modern methods of computer modeling of technical systems in order to determine their main kinematic and dynamic characteristics is a topical issue, and in addition, the use of such engineering software contributes to the activation of the academic process of students of mechanical engineering specialties when studying Theory of Mechanisms and Machines with the ability to use this knowledge practically in the future profession work.

The aim of the work: in order to solve the problems, which are mentioned above, an important stage is the development of calculation models in SOLIDWORKS engineering software for the main types of mechanisms that are used in modern mechanical engineering, using the SOLIDWORKS Motion Computer-Aided Engineering software, which will allow both to speed up the design process and to implement the modern engineering methos to the academic process for the students of mechanical engineering specialties.

Literary review

One of the ways of speeding up the process of designing process of modern machines and mechanisms, as well as for activating the educational process of the training of mechanical engineers, is the usage of modern computer technologies. In particular, modern CAD/CAM/CAE engineering software systems can be used.

As stated in the work [1], the practice of using such systems in the educational process of the Khmelnytskyi National University showed that the optimal tools of computer modeling of technical objects and their support during the life cycle is SOLIDWORKS engineering software, which contains all the tools for the implementation of engineering ideas – from the construction of a layout sketch of the machine to the creation of a CNC program for the production of parts on CNC machines. It is obvious that such integration of the SOLIDWORKS software is a positive factor when choosing a CAD/CAM/CAE system not only for the academic process, but also for the usage by enterprises. One of the main components of the SOLIDWORKS engineering software that is used in TMM course is the integrated SOLIDWORKS Motion CAE-application. It allows to define the kinematics and dynamics characteristics of mechanisms or machines, regardless of the complexity of their structure. The Theory of Mechanisms and Machines course includes lectures, laboratory and practical work, as well as a course project. There are two aspects of using SOLIDWORKS Motion in the educational process: the first includes visual modeling and subsequent demonstration during the lectures the operation of mechanisms that are relatively rarely used in mechanical engineering, and the second aspect is in the calculation of kinematic and dynamic parameters of such mechanisms.

For example, work [2] deals with the problem of designing cam-and-lantern mechanisms and determining their characteristics using SOLIDWORKS Motion. The work [3] shows the use of SOLIDWORKS Motion to check the results of analytical and numerical kinematic synthesis of six-linked linkage mechanisms with periodic dwell of the output link, built on the basis of four-link circular and straight-line path generating mechanisms. In particular, the mentioned paper shows the verification of the correctness of the obtained law of motion of the output link, as well as the calculation of the main kinematic parameters of the points and links of the mechanisms (trajectories of movement, displacements, velocities and accelerations).

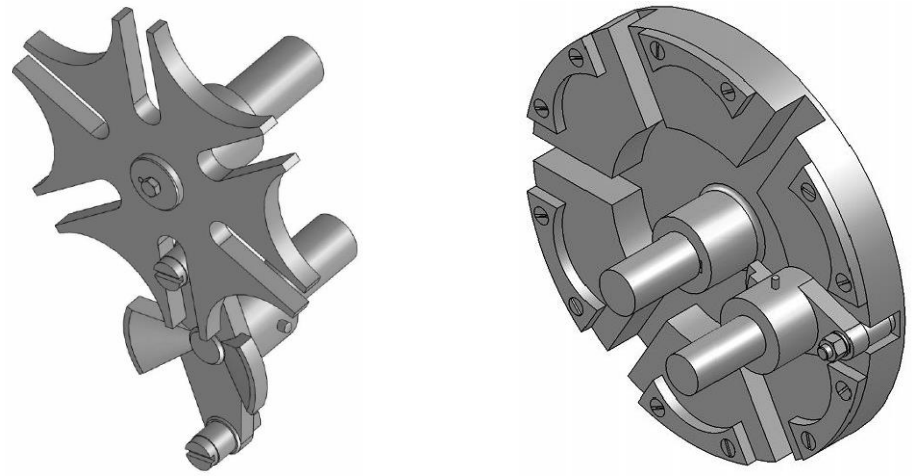
In the work [4], the main functionality of the SOLIDWORKS Motion engineering analysis software is considered, where a number of examples and models used in modern

mechanical engineering are given. The theoretical fundamentals of applied robotics, in particular the problems of kinematics, dynamics and control are considered in work [5]. As will be shown below, these problems can also be successfully solved using the SOLIDWORKS Motion engineering software. It is obvious that in order to carry out kinematic and dynamic calculations, it is necessary to develop appropriate 3D models: the methods of solid modeling in the SOLIDWORKS 2022 are discussed in the work [6]. The results of calculations in SOLIDWORKS Motion can be transferred for strength calculations using SOLIDWORKS Simulation.

It is obvious that cyclic mechanisms have different loads during the work cycle, so the use of SOLIDWORKS Motion allows you to determine their positions where the loads will be maximum, and later we can perform calculations for strength, stiffness, stability, etc. for the parts of the mechanism. These problems are considered in works [7-9].

Results and discussion

An important stage in the process of designing machines, mechanisms and technical systems is the modeling of mechanisms that are typical for mechanical engineering with the study of their kinematic and dynamic characteristics. Similar tasks are solved, in particular, when students of mechanical engineering specialties study the course "Theory of Mechanisms and Machines": when performing laboratory and practical work, as well as when performing a course project. Students are particularly interested in verification tasks, when the characteristics of the mechanism designed by classical analytical methods are checked using SOLIDWORKS Motion and the difference between the results obtained by the two methods is established. This approach is implemented, in particular, in the study of linkage, cam, multi-link gear mechanisms. For example, the Fig. 1 shows models of Geneva drive mechanism made in SOLIDWORKS.



a *b*

Fig. 1. SOLIDWORKS models of Geneva drive mechanisms

Fig. 2 shows a computer model of a six-linked linkage mechanism, for which the input link is a crank (link on the left), which makes a full rotation relative to the ground link, and the output link is a slider (right), which takes part in a certain technological operation and must have a certain law of motion (displacement, velocity and acceleration).

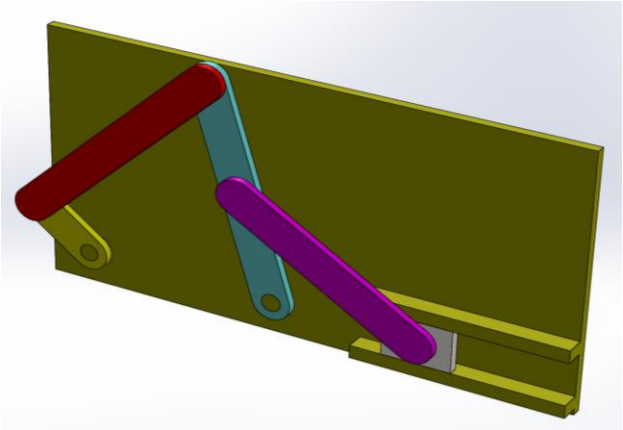
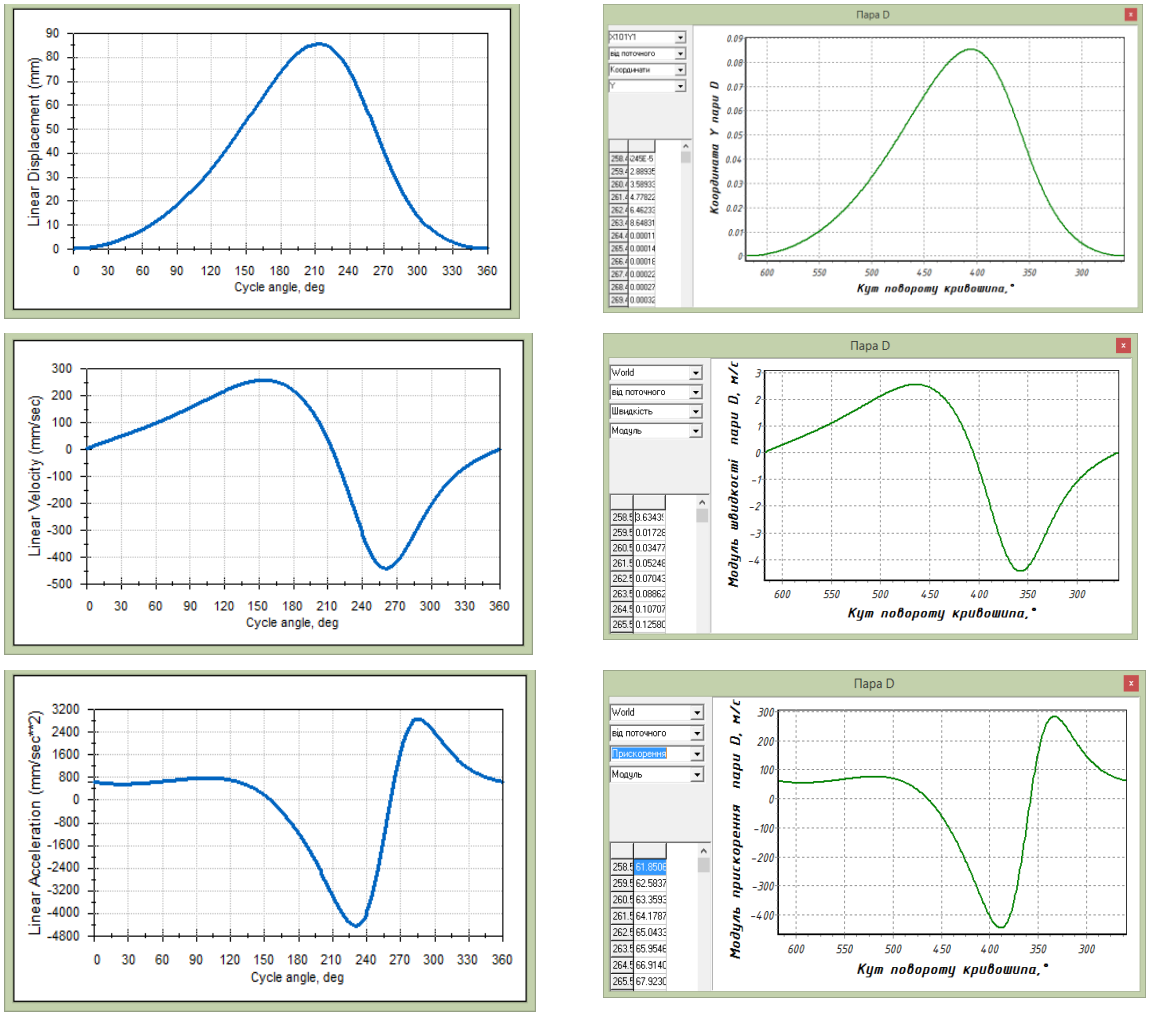


Fig. 2. Model of the linkage mechanism, created in SOLIDWORKS

In the Fig. 3, *a* the results of the calculation of the specified mechanism in SOLIDWORKS Motion are shown.



a *b*

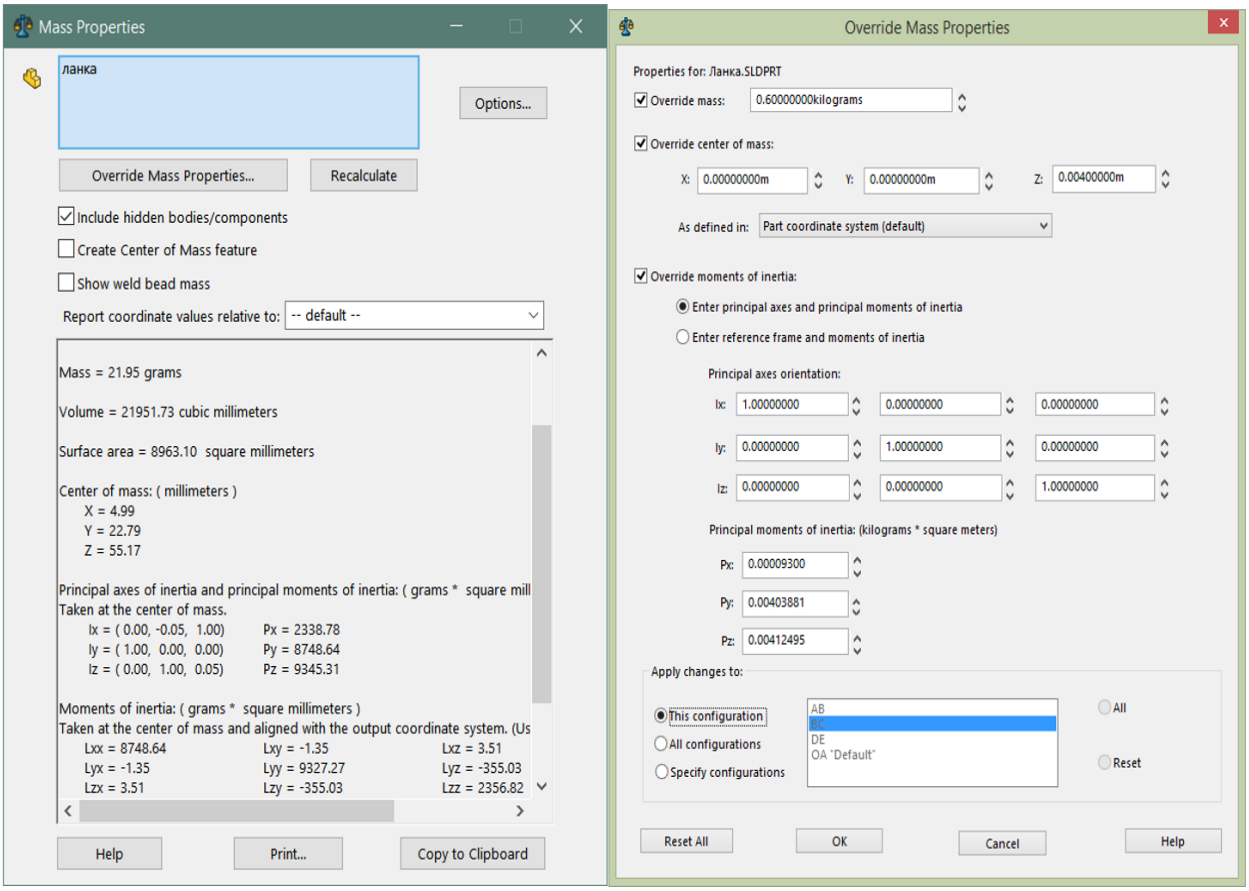
Fig. 3. Laws of motion of the output link of the linkage mechanism: a) obtained using SOLIDWORKS Motion; b) obtained using analytical methods

As it can be seen, the obtained results coincide with the results of analytical studies performed by other methods (Fig. 3, *b*), for example, with analytical calculations made in

Mathcad, or using other specialized mathematical software. When performing calculations in the course "Theory of Mechanisms and Machines" on the topic "Force Analysis of Mechanisms", students determine the reaction in kinematic pairs and the balancing driving force (moment) on the input link, by means of equations of kinetostatics. In real conditions of the operation of mechanism, it is important to find these values, as they are used later to calculate the strength of the mechanism parts, as well as to determine the dynamic characteristics of the machine drive.

It should be noted that the verification of results using SOLIDWORKS Motion is complicated by the fact that at this stage the cross-sections of the links, the materials from which they are made, etc. are unknown, since these factors significantly affect the mass-inertial characteristics of the links, and therefore the dynamics of the machine as a whole. But the SOLIDWORKS engineering software provides advanced options for setting masses and moments of inertia of links, if there is a need to determine them, taking into account the geometry of the model, as well as the materials from which its individual parts are made (Fig. 4, *a*). However, as a rule, such mass-inertial characteristics are predetermined in the task, for example, as in the case of the course paper for the students.

In particular, the position of the center of mass of each of the links is specified in the course design assignment on the theory of mechanisms and machines, and therefore there is a need to redefine it in the SOLIDWORKS model without changing the specific geometric dimensions of the link. In this case, the "Override Mass Properties" function is so convenient (Fig. 4, *b*). Using the specified function, you can change the total mass of the link, the position of its center of mass, as well as the values of the moments of inertia relative to the main axes.

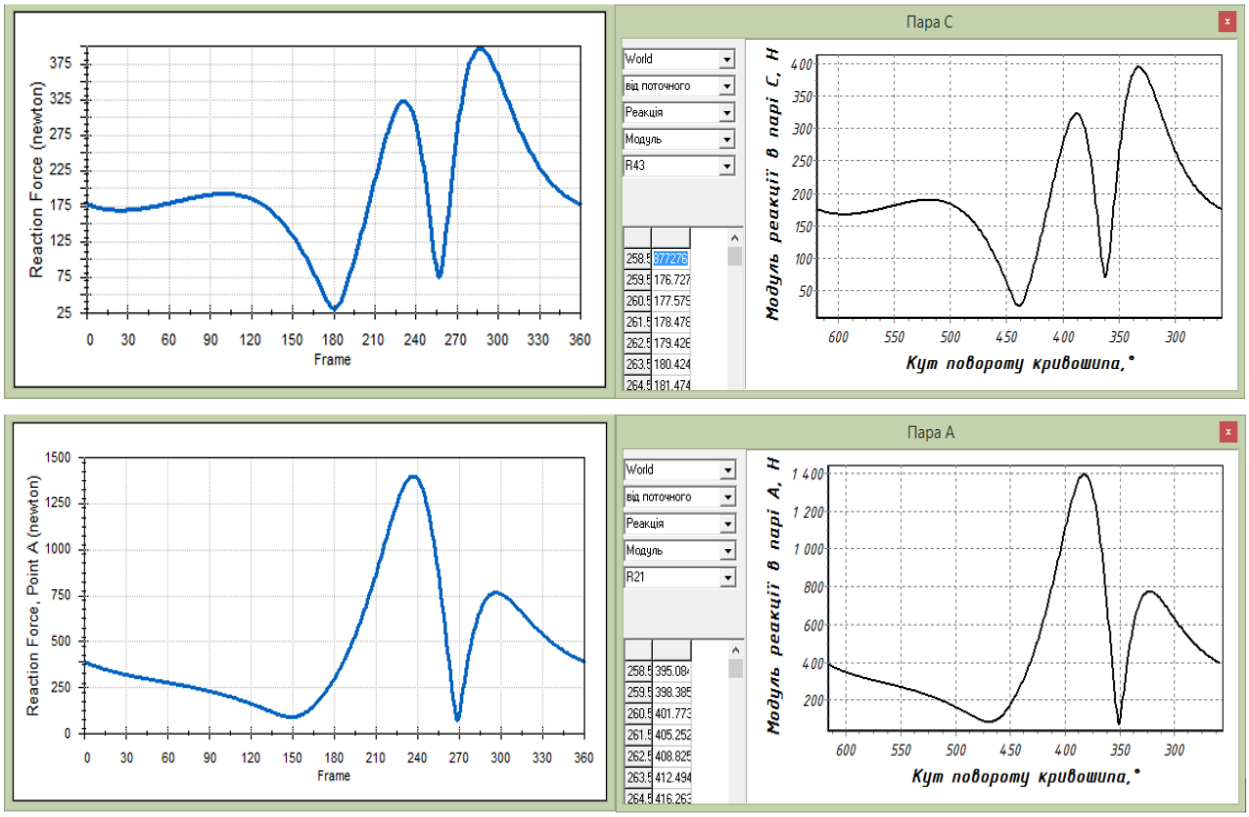


a *b*

Fig. 4. Mass-inertial characteristics of links: a) dialog window of mass-inertial characteristics of the link; b) dialog window for redefinition of mass-inertial characteristics

In addition to conducting kinematic analysis with determination of movements, velocities and accelerations of points and links of mechanisms, SOLIDWORKS Motion also has the ability to conduct a kinetostatic study of mechanisms.

The results of the kinetostatic calculation of the linkage mechanism (Fig. 5, *a*) using SOLIDWORKS Motion are quite clearly correlated with the results obtained by classical analytical methods (Fig. 5, *b*).



a *b*

Fig. 5. Results of force analysis (reactions in kinematic pairs of the mechanism): a) obtained using SOLIDWORKS Motion ; b) obtained using analytical methods

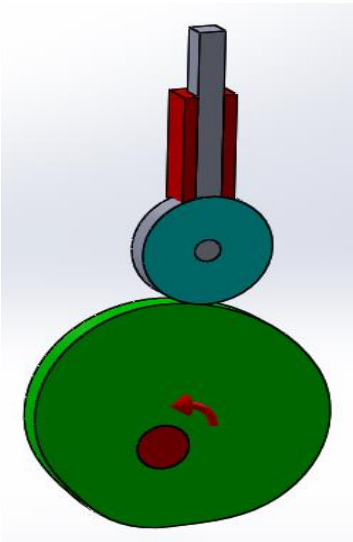
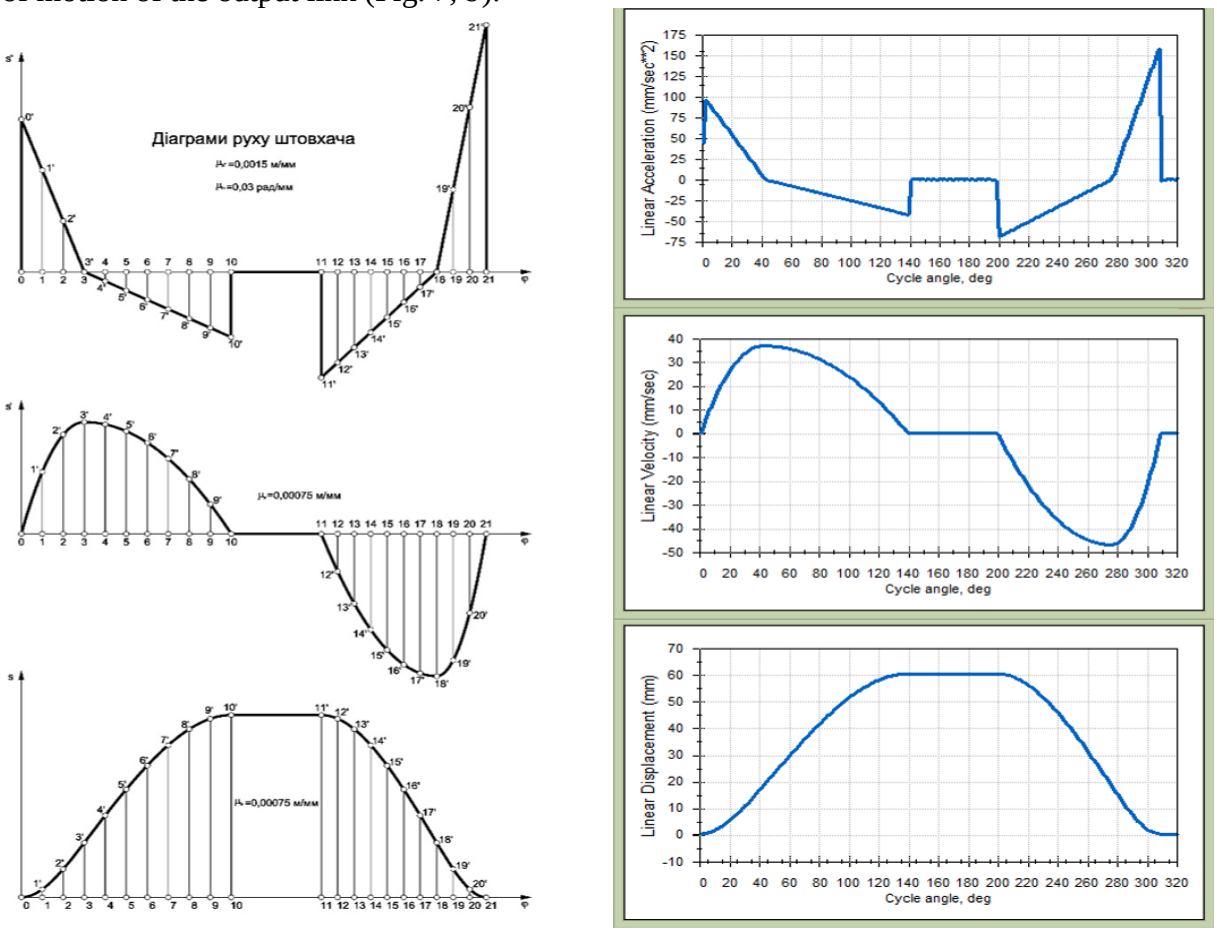


Fig. 6. Cam mechanism model

The next typical task in the structure of the TMM course is the design of cam mechanisms (Fig. 6), which includes the determination the cam profile, which would generate a given law of motion of the output link.

The classic approach to the design of cam mechanisms is based on establishing the minimum radius of the cam, which would provide optimal transmission angles, as well as determining the coordinates of the profile of the cam, which would provide a given movement diagram of the pusher. Within this approach, students can use two methods – to determine the profile graphically using tables of invariants of kinematic quantities, or analytically – using the corresponding functional dependencies (Fig. 7, *a*). As a result, we can obtain a cam profile – a planar curve (spline) that is built on the basis of a finite collection of points. On the basis of this curve, the

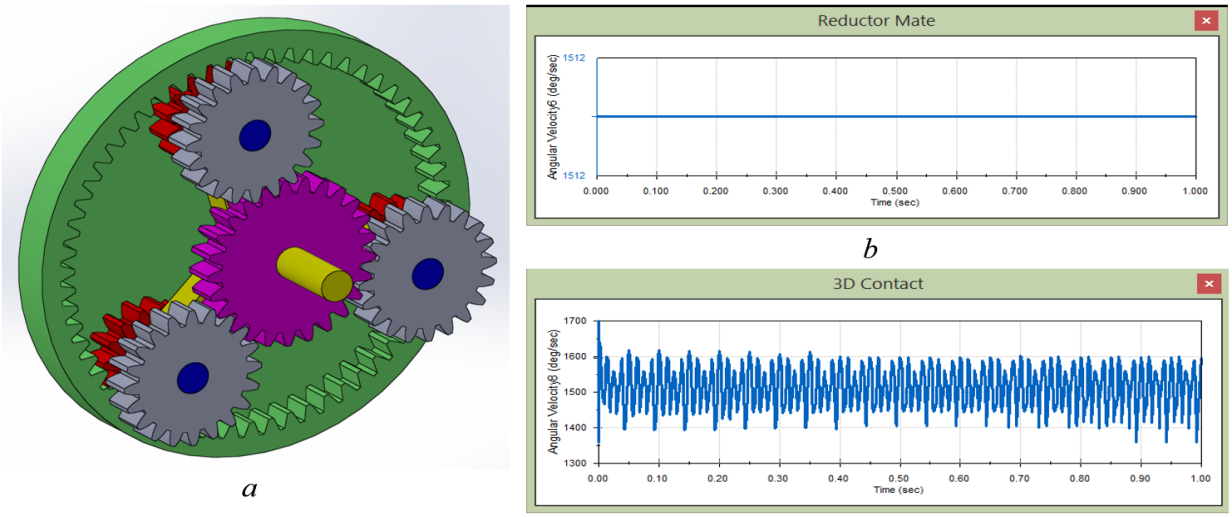
students build a solid 3D-model and, by means of “3D-contact” option, determine the real law of motion of the output link (Fig. 7, *b*).



a *b*

Fig. 7. Laws of motions of the output link of the cam mechanism: a) obtained using analytical methods; b) obtained using SOLIDWORKS Motion

Another interesting verification task is the determination of the transmission ratio of a multi-link gear mechanism with movable axes (Fig. 8, *a*). Using the Willis formula, the students determine the gear ratio of the planetary gearbox with the number of teeth specified in the task, and then use the parameterized gears to create a model that is studied in SOLIDWORKS Motion.



a *b* *c*

Fig. 8. Simulation of planetary gear mechanism: a) 3D model; b) angular velocity of the output link obtained when using the "Gear" mate in the SOLIDWORKS assembly; c) angular velocity of the output link, obtained using the "3D-contact" option

At the first stage, the transmission ratio between each pair of mutually contacting links (gear wheels, carrier and fixed link) is established by means of the "Gear" mate. After that, the "Motor" element from the SOLIDWORKS Motion toolbar is set on the input link, the calculation is performed and the absence of interference between the contacting bodies is evaluated, which indicates the correctness of the determination of the transmission ratios. The value of the angular velocity of the output link of the planetary transmission is shown in Fig. 8, *b*.

The second stage of modeling involves the usage of the "3D contact" function. During the modeling process, groups of contacting elements are created, the "Motor" element is added, and the calculation is performed. It should be noted that the duration of calculations at this stage is significantly longer than at the previous one and depends on the number of contact pairs and the accuracy of calculations specified in the project settings. The instability of the angular velocity of the output link (Fig. 8, *c*) is caused by the presence of gaps in the toothed gears of the planetary transmission, as well as taking into account the elastic properties of the links when using the "3D-contact" function. The final stage of studying SOLIDWORKS Motion within the TMM course is the modeling of the inverse kinematics of the work of the robot-manipulator arm (Fig. 9).

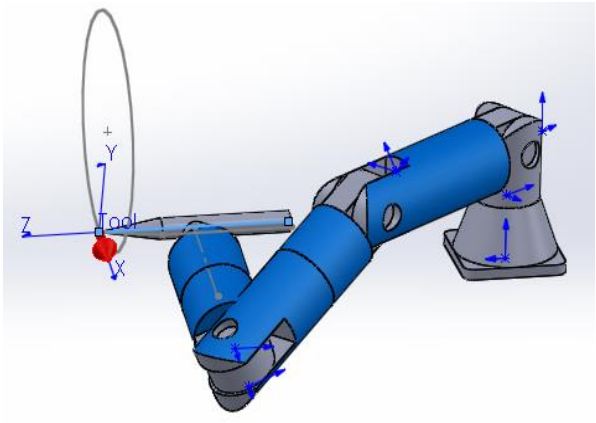


Fig. 9. Model of a manipulator robot created in SOLIDWORKS

The robot model is an open kinematic chain with six degrees of freedom. The working body (spindle with milling cutter, hot-end extruder, welding electrode, etc.), fixed in the gripper, performs a complex movement along a trajectory given by a spatial curve and with a given orientation and speed. The result of the modeling is the determination of the kinematic characteristics of six drivers (stepper or servomotors) that perform mutual positioning of the robot links (Fig. 10). The tabulation of the specified dependencies with a given step can be used when programming the manipulator hand in order to obtain the

trajectory of the movement of the working body specified in the task.

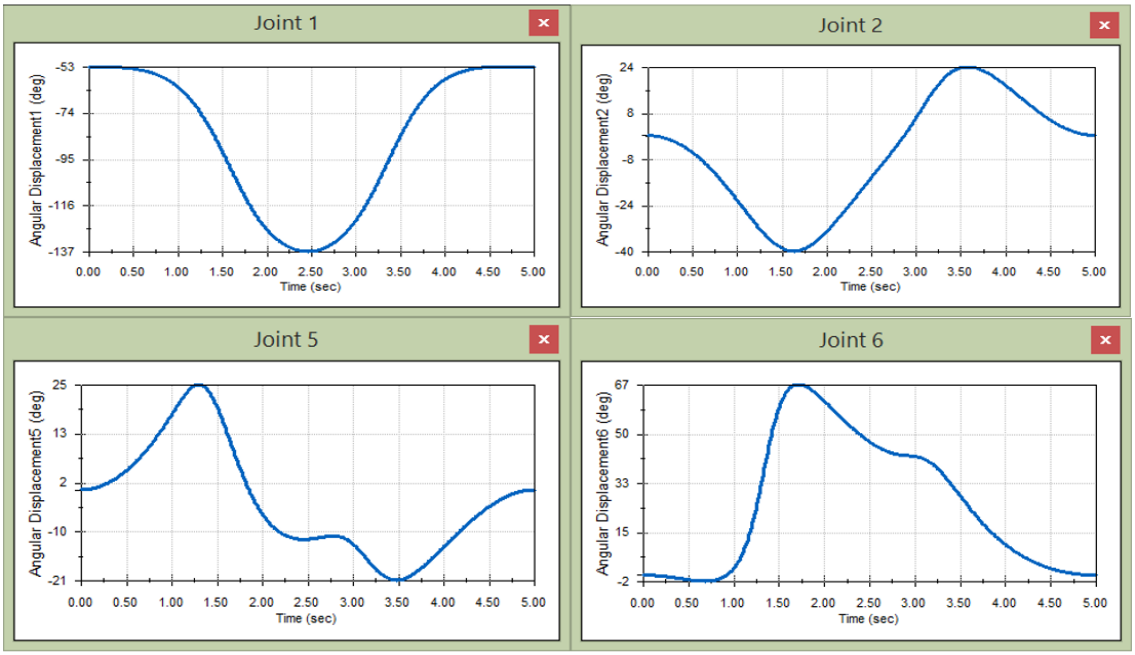


Fig. 10. Examples of transfer functions of servo drives of a robot-manipulator, which provide a given trajectory of the gripper movement

Conclusion

The usage of SOLIDWORKS Motion both by design engineers at enterprises and in the academic process for students of mechanical engineering specialties allows to significantly speed up the process of designing mechanisms and machines. In addition, the usage of modern computer modeling methods and engineering analysis software makes the learning process more interesting and modern, it develops students' ability to think creatively. These factors significantly increase the competitiveness of both existing and future mechanical engineer specialists at the labor market.

Bibliography

1. Kharzhevskyi V., Marchenko M. (2021) *The usage of SOLIDWORKS CAD/CAM/CAE technologies in Khmelnytskyi National University*. Actual problems of modern science: [collective monograph]. UTP University of Science and Technology, Bydgoszcz, Poland, 758 p., P. 347– 355.
2. Kharzhevskyi VO , Marchenko MV, Gural DI (2022) *Automation of the design of cam-lantern mechanisms in SOLIDWORKS using optimization methods* . Modern trends in the development of engineering, technology and transport: a collection of abstracts of the International Scientific and Practical Conference of Higher Education Graduates and Young Scientists, October 18-19, 2022. P. 328-333.
3. Kharzhevskyi VO (2016) T *he usage of SOLIDWORKS Motion for verification of the results of analytical and numerical synthesis of dwell linkage mechanisms*. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, Issue 4 (239). P.7-14.
4. Kuang-Hua Chang (2021). *Motion Simulation and Mechanism Design with SOLIDWORKS Motion* : SDC Publications, ISBN: 978-1-63057-388-1. 220 p.
5. Reza N. Jazar (2022). *Theory of applied robotics: kinematics, dynamics, and control [3rd ed.]* , Springer, 836 p.
6. Howard W., Musto J. (2022) *Introduction to Solid Modeling Using SOLIDWORKS 2022 [18 ed.]* , McGraw Hill, 432 p.

7. Mustapha K. (2022) *Practical Finite Element Simulations with SOLIDWORKS 2022: An illustrated guide to performing static analysis with SOLIDWORKS Simulation*, Packt Publishing, 480 p.
8. Verma G. (2016) *SolidWorks Simulation 2017 Black Book [4th ed.]* , 479 p.
9. Kurowski P. (2018) *Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2018* , CRC Press, 600 p.

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF A DANCE COSTUME WITH LEDS

Khasanova O., Zakharkevich O., Koshevko J., Shvets G.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. In today's world, wearable devices can monitor vital signs, but they are often complex to personalise, rigid, and difficult to carry in multiple locations. The unique properties of conductive yarns offer a new approach to integrating technology with everyday textiles, making it possible to create innovative applications that enhance the user experience and seamlessly integrate electronics into our everyday lives.

In a recent study, the authors used conductive thread to connect LEDs while producing a stylised folk costume for the "Podilskyi Cossack" dance. Instead of flowers on the decorative ribbon, LEDs were added to light up the beat of the music using the Arduino platform to enhance the effect. The prototype was designed to test the operation of LEDs connected by an electrically conductive thread that is flexible and allows for free movement during the dance.

The prototype costume features decorative tape that is 5 cm and 3 cm wide. An electrically conductive thread with a diameter of 0.2 mm was integrated into the tape to connect LEDs. This 316L stainless steel thread is thin, solid and essential for creating smart clothes. It allows you to connect devices like LilyPad modules by sewing them to the fabric. The thread is slightly thicker than polyester or cotton but thin enough to sew with a needle or sewing machine. It has a reasonably low resistance, making it ideal for driving LEDs and other electronic components at 50mA. Unlike silver, the thread is made of stainless steel fibres and doesn't oxidise. Moreover, it is safe to wash.

In addition to the decorative ribbon with LEDs, two LED strips were added. To form the tube in which to place these ribbons on the skirt of the costume, a transparent tape was adjusted that corresponded to the dimensions of the decorative ribbons of the skirt. LED strips are inserted into the created space: RZTK Smart LED 10 RGB and SMD 3528 RGB.

This research led to the following conclusions: conductive thread can be used to make smart clothing, as it is more flexible than electric wires used before. It also allows you to move freely during the dance without worrying about the integrity of the glowing structure. Also, using LED strips is effective, as it enhances the festivity of the moment and allows you to emphasise the dancer's movements and music by changing the light to the music beat.

Keywords: conductive thread, smart clothes, LEDs

Introduction

Smart clothing is an innovative technology that transforms ordinary clothing into a gadget with enhanced capabilities [1]. Many wearable devices on the market, such as smartwatches and bracelets, measure heart rate, number of steps, duration of exercise and level of physical fitness. They can be attached to a person's body to monitor vital signs but are difficult to personalise, rigid, and difficult to carry in multiple locations [2].

Also, in work [3], in addition to the categories of fitness and health care, the wearable category includes information and entertainment technologies, which include technologies for working with information (the ability to answer calls, listen to music, etc.) and entertainment technologies (VR, LED shows live pictures, etc.). Still, it is worth noting that there is relatively little research on smart technologies in entertainment. Providing clothes with smart functions does not appear to modify the subject microcontrollers based on the Arduino platform. Microcontrollers based on the Arduino platform are usually used, an open-source electronic platform based on hardware and software [1].

Stage clothing is usually actively used, so smart technologies must be sufficiently mobile and durable. For this reason, portable electronic devices have recently been used to perceive several parameters that remain invisible to the user. An industry that has recently gained attention for this is textile electronics. For this purpose, one of the most commonly used

materials is the conductive thread, which can maintain an electrical connection while being part of the garment [4, 5].

In recent decades, various efforts have been made to develop electrically conductive textile materials and optimise their performance [6 – 10]. These methods can be summarised into three main strategies. Weaving, knitting and stitching metal wires into textiles is the earliest and most advanced method of introducing electrical properties [11, 12].

Conductive filaments have become a promising material for various applications in electronics and textiles. These filaments have high electrical conductivity, making them suitable for integration into e-textiles, wearable devices, and smart fabrics. Flawless integration of conductive threads into clothing and accessories allows for the developing of interactive and functional clothing [1 – 8]. For example, health monitoring sensors embedded in clothing can provide real-time physiological data, facilitating personalised health and wellness monitoring.

In addition, conductive filaments can be used to create touch interfaces on wearable devices, improving user interaction and control. The unique properties of conductive yarns offer a new approach to combining technology with everyday textiles, enabling innovative applications that enhance the user experience and seamlessly integrate electronics into our everyday lives [14]. There are different types of smart materials used to produce conductive filaments, including conventional options such as carbon nanomaterials [15], metal alloys [16] and polymers [13].

Many conductive threads are available from manufacturers such as Elitex, Shieldex, Vaisin, and Madeira. These threads are designed to be integrated into the fabric using the embroidery technique. Manufacturers typically state the electrical resistance of the thread in Ohms (Ω) per 1 m to confirm its electrical conductivity. For this study, the threads are assumed to be used in connections ranging from 10 to 20 cm, replacing metal wires. The threads are typically coated with microparticles of silver (Ag) to achieve conductivity. Previous studies have used these threads to connect electronic components, such as microcontrollers, resistors, and speakers, and integrate them into fabric structures. The threads can be embroidered onto fabric using straight (grade 301) or zigzag (grade 304) stitches, using conductive thread in the needle alone or both the needle and bobbin to increase electrical conductivity.

The prototype costume features decorative tape that is 5 cm and 3 cm wide. An electrically conductive thread with a diameter of 0.2 mm was integrated into the tape to connect LEDs. This 316L stainless steel thread is thin, solid and essential for creating smart clothes. It allows you to connect devices like LilyPad modules by sewing them to the fabric. The thread is slightly thicker than polyester or cotton but thin enough to sew with a needle or sewing machine. It has a reasonably low resistance, making it ideal for driving LEDs and other electronic components at 50mA. Unlike silver, the thread is made of stainless steel fibres and doesn't oxidise. Moreover, it is safe to wash.

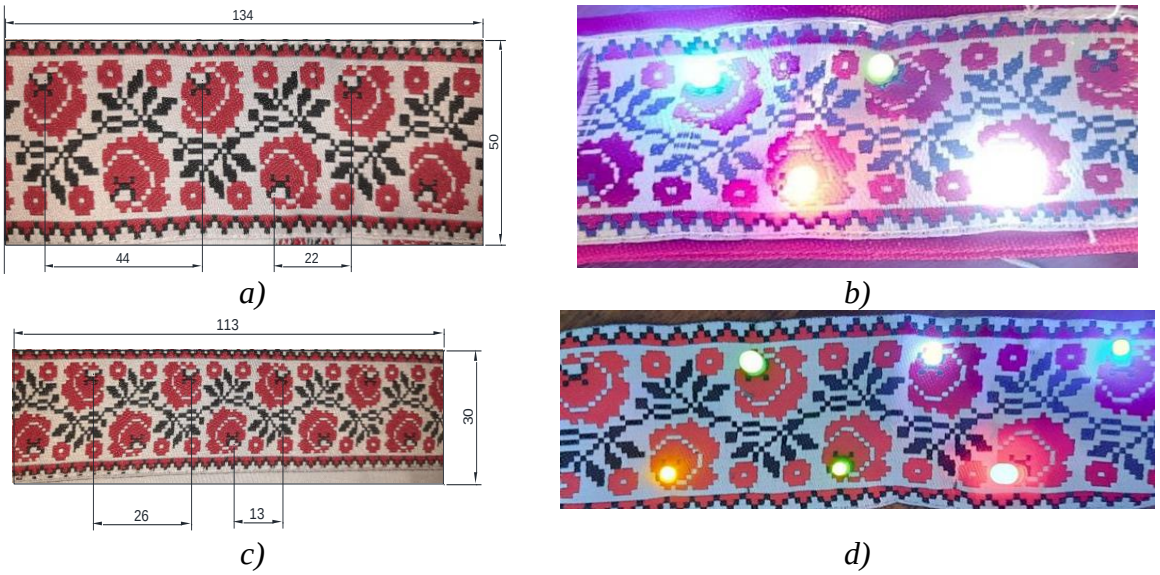
Electrodes of two types and different colours were placed on decorative ribbons of various widths. The characteristics of LEDs are given in Table 1.

Table 1. Main characteristics of LEDs.

Specifications of 5 LEDs	Specifications of 3 LEDs
Supply voltage: 1.9 - 3.4 V	Supply voltage: 1.8-2 V
Light colour: blue, green, red, white, yellow.	Light colour: blue, green, red, white, yellow
Bulb diameter: 5 mm.	Bulb diameter: 3 mm
Current strength: 20 mA	Current strength: 20 mA
Country of manufacture – China	Country of manufacture – China

The samples showed that using LEDs of different sizes is appropriate, as the LEDs are 5 mm in size. On a braid with a width of 3 cm. strongly illuminate the picture. That is why for

a decorative ribbon with a width of 5 cm we chose LEDs with a size of 5 mm and for the ribbon with a width of 3 cm we chose 3 mm LEDs.



a) *b)* *c)* *d)*

Fig. 1 Test samples of the decorative ribbons with LEDs (a, b – 5 mm, c, d – 3 mm)

In addition to the decorative ribbon with LEDs, two LED strips were added. To form the tube in which to place these ribbons on the skirt of the costume, a transparent tape was adjusted that corresponded to the dimensions of the decorative strips of the skirt. LED strips are inserted into the created space: RZTK Smart LED 10 RGB and SMD 3528 RGB.

Smart LED strip RZTK Smart LED 10 RGB is used for decorative lighting and illumination of interior details. Thanks to the multi-mode control of lighting effects, it creates a bright mood.

The RZTK Smart LED 10 RGB strip can be controlled using a remote control and via the Smart Life application on iOS and Android. It is possible to choose a colour from 9 colours using the remote control and from 16 million shades utilising a smartphone application, adjusting the flickering speed, synchronising the flickering of the tape with voice and sound using the microphone built into the controller, the possibility of choosing and setting the scenario for different situations, remote turning on and off the tape through the app, sharing control of the tape through the app, control using the remote control at a distance of up to 30 meters in the field of vision.

SMD 3528 RGB LED strip with remote control and power supply is 5 m long. A flexible LED strip is a lighting module consisting of a flexible base, conductive tracks, resistors and LEDs applied to it, and control elements. The width of the tape is 1 cm, the thickness is about 2 mm, and the length of the reel is 5 m. The LED tape is perfect for illumination, as it has a high brightness level and a large illumination angle equal to 120°. Diodes of three colours are located on the tape: green, blue, and red. A feature of this tape is the possibility of choosing colours and shades of lighting. Multi-colour LED tape SMD 3528 RGB is usually used to illuminate architectural and interior elements. It works on a low voltage of 12V (direct current DC), which ensures safety and economy of use. Main characteristics of SMD 3528 RGB LED strip: Modes: sharp switching (fast), sharp switching (slow), smooth switching (fast), smooth switching (slow), static mode Number of colours and shades: 16; Supply voltage: 12V DC/3A; Power source: direct current; Maximum brightness: 72 W; Power consumption: 100-240 V./ 0.3 A; Energy saving class: A; Beam angle: 120 degrees; Number of LEDs: 300 pcs per 5 m (60 pcs per meter); LED model: SMD 3528.

Usually, LED strips are used to illuminate interior elements, but in this case, they were integrated into the dance costume. To test the operation of this technology, a prototype of a stylised costume for the performance of the folk dance "Podilskyi Cossack" was made. An example of a combination of LEDs and LED strips is shown in Figure 2.



a) *b)*

Fig. 2 Prototype of the costume (a – LEDs off, b – LEDs on)

The main areas of focus for our future research include the following:

– Exploring a new method of connecting the contact electronics and conductive lines of electronic textiles to be used for signal transmission.

– Investigating the effect of temperature and washing on the performance and integrity of e-textiles.

– Assessing the comfort of consumers through the application of Kansei Engineering tools.

Based on the results of these studies, we will provide specific recommendations for the use of dance costumes embedded with LED elements.

Conclusions

This research led to the following conclusions: conductive thread can be used to make smart clothing, as it is more flexible than electric wires used before. It also allows you to move freely during the dance without worrying about the integrity of the glowing structure. Also, using LED strips is effective, as it enhances the festivity of the moment and allows you to emphasise the dancer's movements and music by changing the light to the music beat.

References

1. Захаркевич О. В., Кошевко Ю. В., Кулешова С. Г., Швець Г.С. (2023). *Smart Fashion: Гід У Світі Цифрової Моди*: монографія /– Хмельницький : ХНУ. – 232 с.
2. Soohyeon R., Hyelim K, Daeyoung L., Wonyoung J. (2023). *Fabrication and Evaluation of Embroidery-Based Electrode for EMG Smart Wear Using Moss Stitch Technique*/ S. Rho et al.Sensors. 2023. Vol. 23, no. 21. P. 9012. URL: https://doi.org/10.3390/s23219012.

3. Hyelim K., Soohyeon R., Daeyoung L., Wonyoung J. (2023). *Characterisation of embroidered textile-based electrode for EMG smart wear according to stitch technique* / H. Kim et al. Fashion and Textiles. 2023. Vol. 10, no. 1. URL: https://doi.org/10.1186/s40691-023-00351-x.
4. Stavrakis A. K., Simić M., Stojanović G. M. (2022). *A Study of the Performance Degradation of Conductive Threads Based on the Effects of Tensile Forces and Repeated Washing. Polymers*. 2022. Vol. 14, no. 21. P. 4581. URL: https://doi.org/10.3390/polym14214581.
5. Ren W., Qingfeng Z., Tiance A., Shu G., Wenlong C. (2021). *Stretchable gold fiber-based wearable textile electrochemical biosensor for lactate monitoring in sweat* / R. Wang et al. Talanta. 2021. Vol. 222. P. 121484. URL: https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121484.
6. Yan T., Bin G., Mutya A. Cruz, Han C., Qicheng Z., Zefeng L., Fuchun X., Feiya X., Xiaohong C., Duanjun C., Benjamin J. Wiley, Junyong K. (2022). *Colorful Conductive Threads for Wearable Electronics*: Transparent Cu–Ag Nanonets / Y. Tang et al. Advanced Science. 2022. P. 2201111. URL: https://doi.org/10.1002/advs.202201111.
7. Benxuan L., Shijie Z., Haolan W., Bo H., Gehan A. J. Amaratunga. (2020). *Asymmetric Carbon Nanohorn Enabled Soft Capacitors with High Power Density and Ultra-Low Cutoff Frequency* / B. Li et al. Advanced Materials Technologies. 2020. P. 2000372. URL: https://doi.org/10.1002/admt.202000372.
8. Qinrong H, Xuan L, Han Z, Joe B. (2023). *Nano-Engineered Carbon Fibre-Based Piezoelectric Smart Composites for Energy Harvesting and Self-Powered Sensing* / Q. He et al. Advanced Functional Materials. 2023. P. 2213918. URL: https://doi.org/10.1002/adfm.202213918.
9. Mercadillo V. O., Chan K. C., Caironi M., Athanassiou A., Kinloch Ian A., Bissett M., Cataldi P. (2022). *Electrically Conductive 2D Material Coatings for Flexible and Stretchable Electronics: A Comparative Review of Graphenes and MXenes* / V. Orts Mercadillo et al. Advanced Functional Materials. 2022. P. 2204772. URL: https://doi.org/10.1002/adfm.202204772.
10. Abd. Majid W.H., Ahmad N., Rosli A.K., Mohd Sarjidan M.A., Halim N.A. (2023). *Properties of Nanogenerator Materials for Energy-Harvesting Application* / W. H. A. Majid et al. Journal of Research Updates in Polymer Science. 2023. Vol. 12. P. 140–161. URL: https://doi.org/10.6000/1929-5995.2023.12.12.
11. Lund A., Yunyun Wu, Fenech-Salerno B., Torrisi F, Breen Carmichael T., Müller C. (2021). *Conducting materials as building blocks for electronic textiles* / A. Lund et al. MRS Bulletin. 2021. Vol. 46, no. 6. P. 491–501. URL: https://doi.org/10.1557/s43577-021-00117-0.
12. Alhashmi Alamer F., Almalki G. A., Althagafy K. (2023). *Advancements in Conductive Cotton Thread-Based Graphene: A New Generation of Flexible, Lightweight, and Cost-Effective Electronic Applications.* Journal of Composites Science. 2023. Vol. 7, no. 11. P. 476. URL: https://doi.org/10.3390/jcs7110476.
13. Tajik S., Dourandish Z., Zhang K., Beitollahi H., Le Q. V., Jang Ho W., Shokouhimehr M. (2020). *Carbon and graphene quantum dots: a review on syntheses, characterisation, biological and sensing applications for neurotransmitter determination* / S. Tajik et al. RSC Advances. 2020. Vol. 10, no. 26. P. 15406–15429. URL: https://doi.org/10.1039/d0ra00799d.
14. Alhashmi Alamer F., Almalki G. A. (2022*). Fabrication of Conductive Fabrics Based on SWCNTs, MWCNTs and Graphene and Their Applications*: A Review. Polymers. 2022. Vol. 14, no. 24. P. 5376. URL: https://doi.org/10.3390/polym14245376.

15. Alhashmi Alamer F., Beyari R. F. (2022). *Overview of the Influence of Silver, Gold, and Titanium Nanoparticles on the Physical Properties of PEDOT:PSS-Coated Cotton Fabrics.* Nanomaterials. 2022. Vol. 12, no. 9. P. 1609. URL: https://doi.org/10.3390/nano12091609.
16. Briedis.U., Valisevskis A., Ziemele I., Abele I. (2019). *Study of Durability of Conductive Threads Used for Integration of Electronics into Smart Clothing* / U. Briedis et al. Key Engineering Materials. 2019. Vol. 800. P. 320–325. URL: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.800.320.

РОЗРОБКА, ПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛЬНО-КЕРУЮЧОГО ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИСТРОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МАШИНИ

Коротич О., Сухоставський В., Труліч Б., Постернак О.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. З метою спрощення конструкції і підвищення надійності в роботі технологічної машини ножового-валкового типу авторами розроблено гідравлічну систему розподілення руху на робочі механізми плісирувальної машини шляхом замінити ланцюгів передавальних механізмів, що складаються із множини пар тертя і деталей, гідродвигунами які безпосередньо з'єднані з виконавчими механізмами. Три гідроциліндра отримують рух від розробленого гідророзподільного пристрою згідно циклограми роботи машини. Гідророзподільник може виконувати, як розподільну, так і керуючу функцію та може замінити керовані автоматичні пристрої. З метою перевірки працездатності гідравлічного розподільника нової конструкції проведено його параметричне моделювання у системі SolidWorks і цикл експериментальних досліджень, застосувавши модуль FloWorks. Отримано результати розподілу рідини у розподільнику для окремих порожнин, що приводять у рух робочі механізми плісирувальної машини. Принцип конструювання нового гідравлічного розподільника може бути використаний для проектування гідро розподільників для технологічних машин з різними циклами взаємодії механізмів.
Ключові слова: Гідропривід, циклограма, гідророзподільник, числові дослідження.

Вступ

Важливою актуальною задачею при проектуванні і конструюванні машин є оптимальність вибору виду привода, регулюючих і керуючих пристроїв, кількості деталей і вузлів – простоти конструкції, ваги, металоємкості, в результаті чого покращуються техніко-економічні показники і надійність роботи машини.

Огляд і аналіз технологічного обладнання показує, що конструктивне його виконання часто ускладнено механізмами з великою кількістю деталей і вузлів, що збільшують металоємкість, вагу, ускладнюють та удорожчують технологію виготовлення і саму машину. Проведено огляд та аналіз технологій, обладнання гідравлічних приводів для технологічних машин, яке широко використовується в легкій промисловості на швейному і взуттєвому виробництвах [1-4].

Аналіз конструкції, наприклад, електромеханічної плісирувальної машини [5] ножового-валкового типу, показав, що три основних виконавчих механізми отримують рух від електропривода через ланцюги складних передавальних механізмів.

Виклад основного матеріалу

Авторами поставлена задача розробки гідравлічної системи розподілення руху на робочі механізми плісирувальної машини з метою спрощення її конструкції.

Для оптимізації конструкції плісирувальної машини пропонується замінити ланцюги передавальних механізмів, що складаються із множини пар тертя і деталей, трьома гідро двигунами (гідроциліндрами), які безпосередньо з'єднані з трьома виконавчими механізмами. Всі три гідроциліндра мають отримувати рух від одного розподільного пристрою згідно циклограми роботи плісирувальної машини. Гідравлічний привод виконавчих механізмів значно спрощує конструкцію, зменшує металоємкість, вагу, шум при роботі і збільшує надійність машини [6, 7].

Розглянуто класифікацію гідро розподільників технологічних машин, призначення, їх характеристики та будову, визначено переваги, недоліки, можливості їх регулювання [8-11].

Розроблений гідравлічний розподільний пристрій виконаний у вигляді розподільного валика (золотника), встановленого в корпусі з можливістю обертання, чим суттєво відрізняється від аналогових конструкцій. Розподільний валик має кільцеві канавки, розташовані співвісно з отворами корпусу, і сегментні канавки, розташовані співвісно з декількома отворами, сполученими з напірними і зливними порожнинами гідроциліндрів виконавчих механізмів. Причому розміщення цих отворів в діаметральному перетині, кутові розміри і розташування сегментних канавок розподільного валика відповідають фазам дії виконавчих механізмів згідно циклічної діаграми машини [5 - 7].

Гідро розподільник нової розробленої конструкції (рис.1) являє собою корпус 1, герметично закритий кришками 3 і 4. У корпусі 1 встановлений розподільний валик 2, лівий кінець якого виведений назовні і з'єднаний з приводом [5].

Розподільник має напірну та зливну магістралі і а також канавки, кожна з яких розташована співвісно з трьома з дванадцяти отворів корпусу 1, з'єднаних зі штоковими або безштоковими порожнинами виконавчих механізмів трьох гідроциліндрів, за допомогою гідроліній.

У діаметральному перетині кутові розміри, розташування сегментних канавок (рис.1, розрізи Б-Б і В-В) розподільного валу 2 і розташування співвісних з ними отворів корпусу 1 відповідають фазам дії виконавчих органів згідно циклової діаграми плісирувальної машини. Між корпусом 1 і розподільним валиком 2 навпроти сегментних канавок утворені камери 8 і 9 високого тиску і камери 10 і 11 низького тиску (рис 1) [5], розділені циліндричною частиною розподільного валика 2. Гідроциліндри встановлені з можливістю регулювання ходу поршнів.

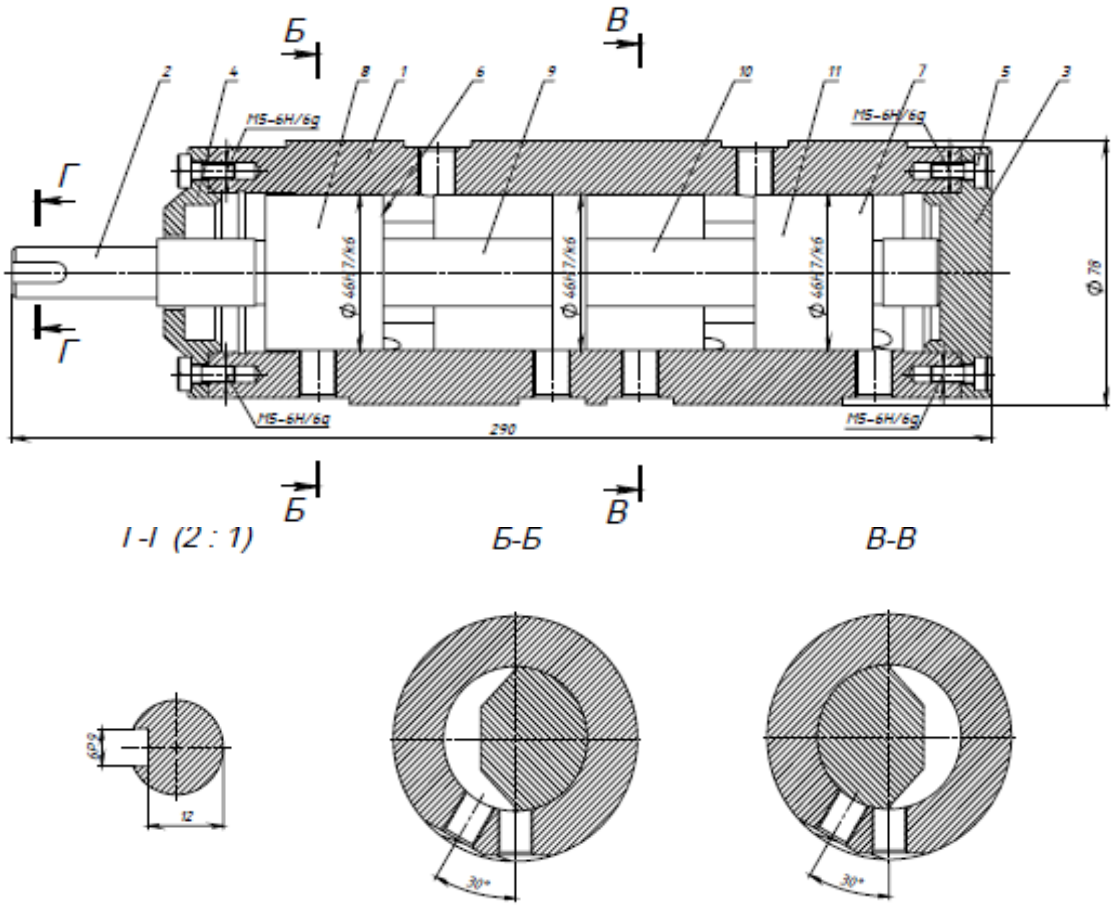


Рис. 1. Гідро розподільник нової розробленої конструкції

З метою проведення експериментальних досліджень розробленого гідравлічного обладнання для плісирувальної машини було виготовлено експериментальний зразок гідравлічного розподільника (рис.2 а).

Проте на даний момент не існує можливості для підключення його в мережу високого тиску, тому для перевірки працездатності запропонованого гідравлічного обладнання вирішено провести цикл експериментальних досліджень, застосувавши модуль FloWorks для системи параметричного моделювання SolidWorks.

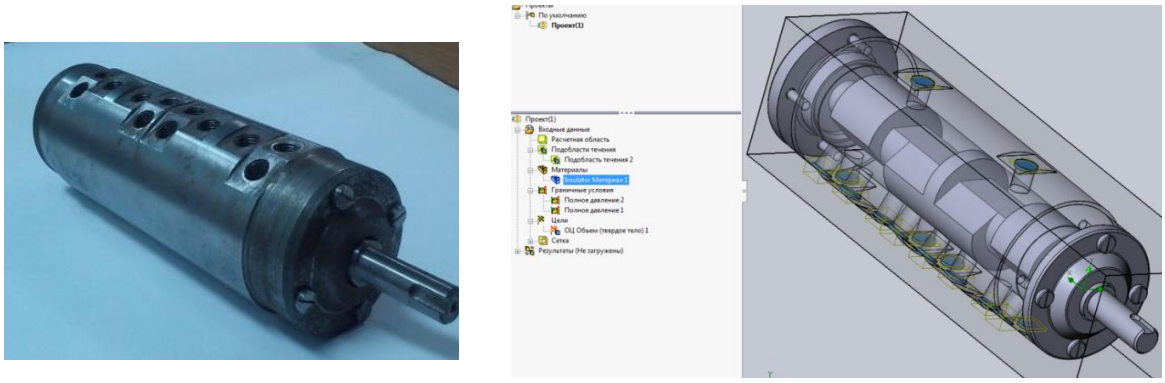
Була розроблена модель гідравлічного розподільника для плісирувальної машини в системі SolidWorks, що показана на рис. 2 б, [7].

Проведено числові дослідження моделі розподільного обладнання комплексного гідроприводу для плісирувальної машини в програмному середовищі FloWorks.

Задачі числових досліджень:

- визначення робочої зони для проведення досліджень;
- встановлення заглушок із параметрами потоку;
- задання робочої порожнини для проведення досліджень;
- створення сітки та вказання областей тиску для положень розподільчого валика;
- задання усіх граничних умов із параметрами;
- вибір матеріалу ізолятора для заглушок.

При роботі в модулі FloWorks визначена робоча зона, де проводяться дослідження, а в усі отвори встановлюються заглушки із параметрами потоку (рис. 2 б), [7].



а б

Рис. 2. Гідро розподільник для плісирувальної машини: а – загальний вигляд; б - модель розроблена в системі SolidWorks

Вказується область тиску, відповідно до положень розподільного валика відносно корпусу.

Умови експерименту, згідно розрахунків, наступні [4, 7]:

Вхідний тиск	5,3 МПа
Втрати у гідроприводі	10%
Швидкість обертання розподільчого валика	120 об/хв
Вихідний тиск	4,8 МПа.

Провівши числові дослідження, відповідно до початкових умов, отримано загальний розподіл рідини у розподільнику [7].

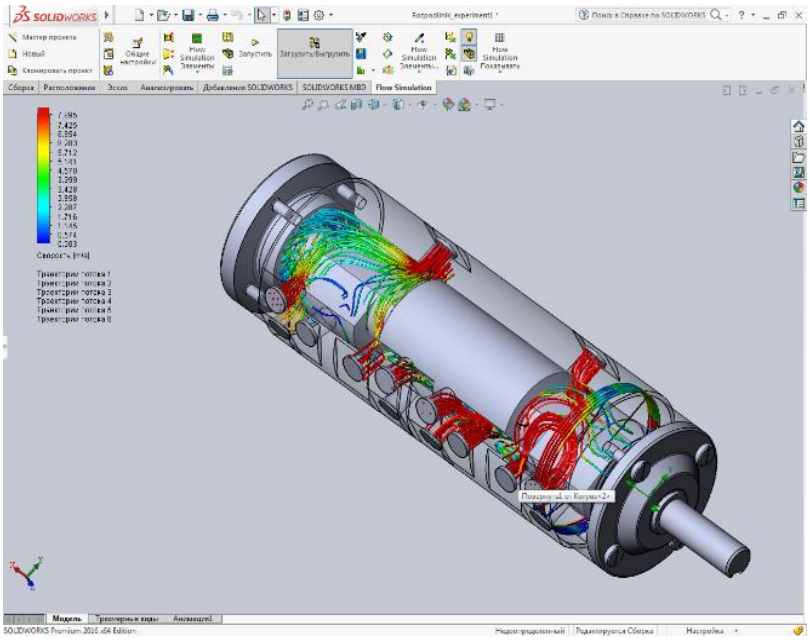
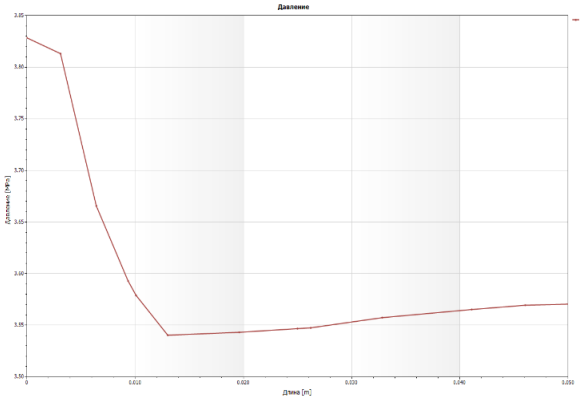
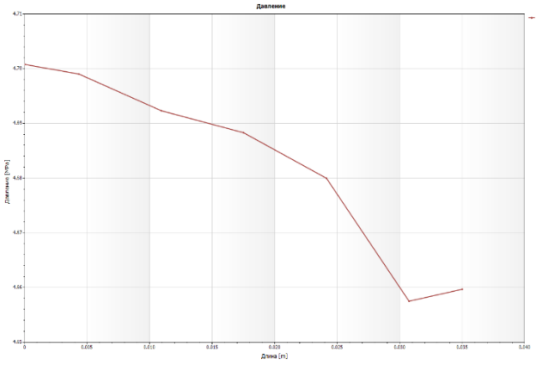


Рис.3. Загальний розподіл рідини у гідро розподільнику

В результаті проведених експериментів отримано ряд залежностей тиску рідини у напірній порожнині (рис. 4 а) та у зливній порожнині (рис. 4 б) та швидкості потоків рідини Гідро розподільника в залежності від його геометричних параметрів [4, 7]:



а



б

Рис. 4. Тиск рідини у напірній порожнині (а) та у зливній порожнині (б) гідро розподільника.

Також отримано результати розподілу рідини у розподільнику для окремих порожнин, що приводять у рух робочі органи плісирувальної машини, зокрема механізму подачі складкоутворюючих елементів (ножів) (рис. 5), механізму захоплення матеріалу (рис. 6 а) та механізму подачі матеріалу (рис. 6 б), [7].

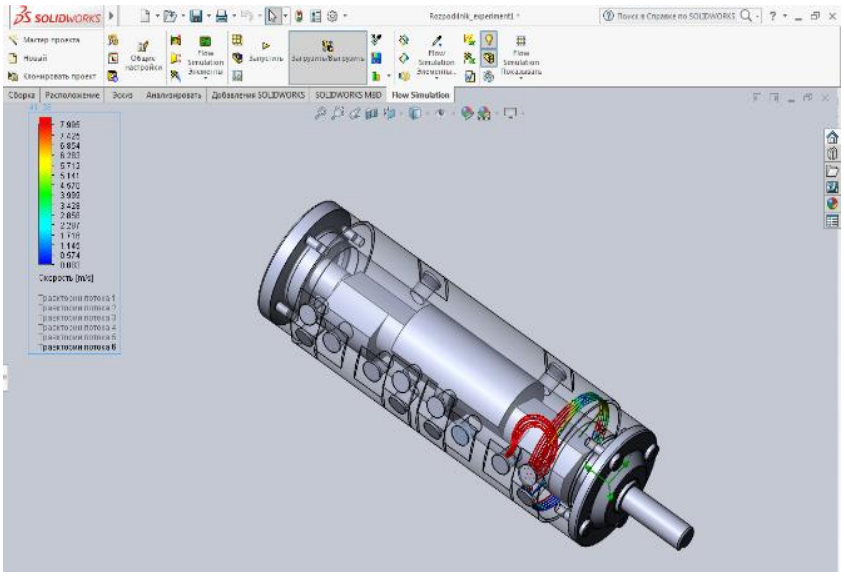
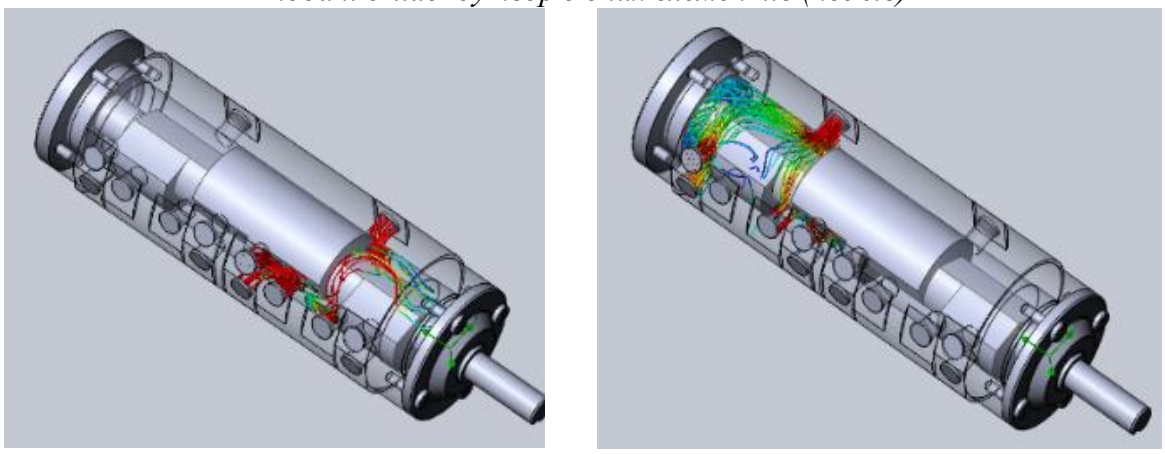


Рис. 5. Розподіл рідини у гідро розподільнику для її подачі до гідроциліндра механізму
подачі складкоутворюючих елементів (ножів)



а *б*

Рис. 6. Розподіл рідини у розподільнику для подачі рідини у механізм захоплення матеріалу (а) та для подачі рідини у механізм подачі матеріалу (б)

Висновки

Розроблена нова оригінальна конструкція гідравлічного розподільника, що забезпечує подачу робочої рідини одночасно на три гідродвигуна (гідроциліндра) основних робочих механізмів плісирувальної машини які працюють за циклічною діаграмою (циклограмою).

Розроблений гідро розподільник може виконувати, як розподільну, так і керуючу функцію що може замінити керовані автоматичні пристрої.

Виготовлено експериментальний зразок нової оригінальної конструкції

гідравлічного розподільника.

Розроблено комп'ютерну модель гідравлічного розподільника для плісирувальної машини, проведено цикл числових досліджень із застосуванням модуля FloWorks у системі параметричного моделювання SolidWorks з визначенням функціональних характеристик робочої рідини у порожнинах розподільника та підтверджена працездатність експериментального зразка Гідро розподільника.

Результати експериментальних досліджень планується використати в подальшому, для розробки повноцінної конструкції плісирувальної машини із розробленим гідравлічним розподільником.

В цілому плісирувальна машина має спрощену конструкцію і підвищену надійність.

Принцип конструювання нового гідравлічного розподільника може бути використаний для проектування гідро розподільників для технологічних машин з різними циклами взаємодії механізмів.

Література

4. Гідравліка, гідромашини та гідропневмоавтоматика: підручник / Л. Є. Пелевін, Д. О. Міщук, В. П. Рашківський [et al.]; МОН України, КНУБА. – Київ : КНУБА, 2015 6.
5. Гідроприводи об'ємні. Загальні правила застосування (ISO 4413:1998, IDT). – [Чинний с 2002-09-01]. ДСТУ ISO 4413:2002. – Київ : – 2005. – 34 с. – (Держспоживстандарт України)
6. Гідравліка та гідропривод : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія» / М.В. Марченко, В.О. Харжевський, Н.С. Машовець. – Хмельницький : ХНУ, 2021. – 45 с.
7. Надійність, технічне діагностування та експлуатація гідро- і пневмоприводів: навч. посіб. / П.М. Андренко, А.Ю. Лебедєв, О.В. Дмитрієнко, М.С. Свинаренко; під ред. проф. П.М. Андренка. – Харків : Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2018. – 519 с.
8. А.С. СССР 1498852, МКВ D 06 J 1/00. Плиссировочная машина. Б.А. Зайцев, О.О.
9. Коротич - №427577/31-12; Заявл. - 14.08.87; Опубл. 07.08.89; Бюл.№29.
10. Коротич О.О., Білик Р. В. Розробка гідророзподільного пристрою плісирувальної машини. Збірник наукових праць "Технічна творчість", м. Хмельницький: ХНУ, 2016, - №2, с. 11-13.
11. О.О. Коротич, В.С. Неймак, С.І. Пундик, П.С. Майдан. Числові дослідження гідророз-подільного пристрою плісирувальної машини за допомогою модуля floworks/. Вісник Хмельницького національного університету, №4 2018 р., с. 199-201.
12. Типи гідророзподільників. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://hydraulic.ua/tipi-gidrorozpodilnikiv/
13. Все про гідророзподільники. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://hidravlik.com.ua/ua/info/articles/gidrorozpodilnyk-priznachennya-i-konstruktivni-osoblivosti/
14. Розподільники для плитного монтажу. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.tubes-international.ua/produktsiya/sylova-hidravlika/rozpodilnyky-dlya-plytnoho-montazhu/
15. Принцип роботи гідравлічного розподілювача. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://hydromarket.com.ua/ua/a346016-printsip-raboty-gidravlicheskogo.html.

ANALYSIS OF A COMPLEX PLANAR MECHANISM OF THE THIRD CLASS WITH TWO TRANSLATIONAL AND OTHER ROTATIONAL KINEMATIC PAIRS

Koshel S.[1], Koshel G.[2], Zaliubovskyi M.[2], Kovalyov Y.[1], Popovichenko S.[3]
[1]Kyiv National University of Technology and Design, Ukraine
[2]Open International University of Human Development "Ukraine", Ukraine.
[3]Kyiv State Academy of Decorative and Applied Arts and Design named after Mykhailo Boychuk, Ukraine

Abstract. In various fields of mechanical engineering, complex planar lever mechanisms with structural groups of links of the third, fourth, and higher classes are widely used. Conducting research on such mechanisms involves a systematic sequence of actions, with significant emphasis placed on their structural and kinematic analysis.
In the article, we performed a structural analysis of a complex planar mechanism of the third class with two translational and other rotational kinematic pairs. We considered all possible variants of structural transformation of the third-class mechanism under the condition of selecting other possible driving links and obtained corresponding structural formulas.
We developed a sequence of actions and, using graph-analytical methods, conducted a kinematic analysis of a third-class mechanism with two translational and other rotational pairs in a manner characteristic of second-class mechanisms. In our investigation, we took into account the property of planar mechanisms of higher classes to structurally modify their construction formula depending on the selected initial mechanism.
Keywords: Structural analysis, kinematic analysis, planar mechanism, structural group, link of mechanism.

Introduction

In various fields of mechanical engineering, mechanical systems are widely used, the basis of which are complex planar lever mechanisms with structural groups of links of the third, fourth, and higher classes. The main advantages of such articulated lever mechanisms compared to others include the complexity of geometric trajectories and the motion laws of their individual points along with the working elements of the equipment, which allows them to perform technological operations.

The analysis of such mechanisms is relevant firstly because it requires developing a specific sequence of actions, which will be characteristic for a particular complex mechanism of the third class or higher. Secondly, the number of works related to conducting such research is insufficient to populate electronic databases in this scientific direction, in order to create software in the future that would automate the process in engineering design [1] of complex planar mechanical systems.

Conducting research on planar mechanisms involves a systematic sequence of actions, in which significant importance is given to their structural analysis [2, 3]. This is because during the investigation of the structural components and linkages from which they are composed, structural regularities in their construction [4] can be observed. This, in turn, allows for determining the optimal sequence for further kinematic [5, 6] and dynamic investigations [7]. The structural analysis of a complex mechanism of the third class or higher can serve as a basis for performing kinematic analysis of a complex planar mechanical system, for instance, in a graph-analytical manner [8]. The analysis and synthesis of spatial mechanical systems are also relevant for addressing design challenges and improving mechanisms used in the fashion industry [9].

Results and discussion

The mechanism of the third class (Fig. 1) with one driving link, two translational and other rotational kinematic pairs is formed using eight links. The body of the mechanism (link 0) is stationary, links 1 and 5 participate in forming stationary kinematic pairs O_1, O_2 and have rotational motion, sliders 4 and 7 move relative to stationary guides xx and yy, respectively. Other links (connecting rods 2, 3, 6) have complex planar-parallel motion, which is formed by the geometric combination of two motions - translational motion along with an arbitrarily chosen pole and relative motion around it. Among the links of the mechanism, there is one complex link (connecting rod 3), which simultaneously has four elements of kinematic pairs, forming rotational kinematic pairs B, C, K, E with links 2, 4-6, respectively.

The third-class mechanism is structurally formed by attaching to the initial mechanism (a combination of the driving link 1, the frame 0 connected by the kinematic pair O_1) a structural group of third-order third-class links (links 2-5) and second-order second-class links (links 6, 7). The structural formula of the mechanism's construction is provided in Fig. 2.

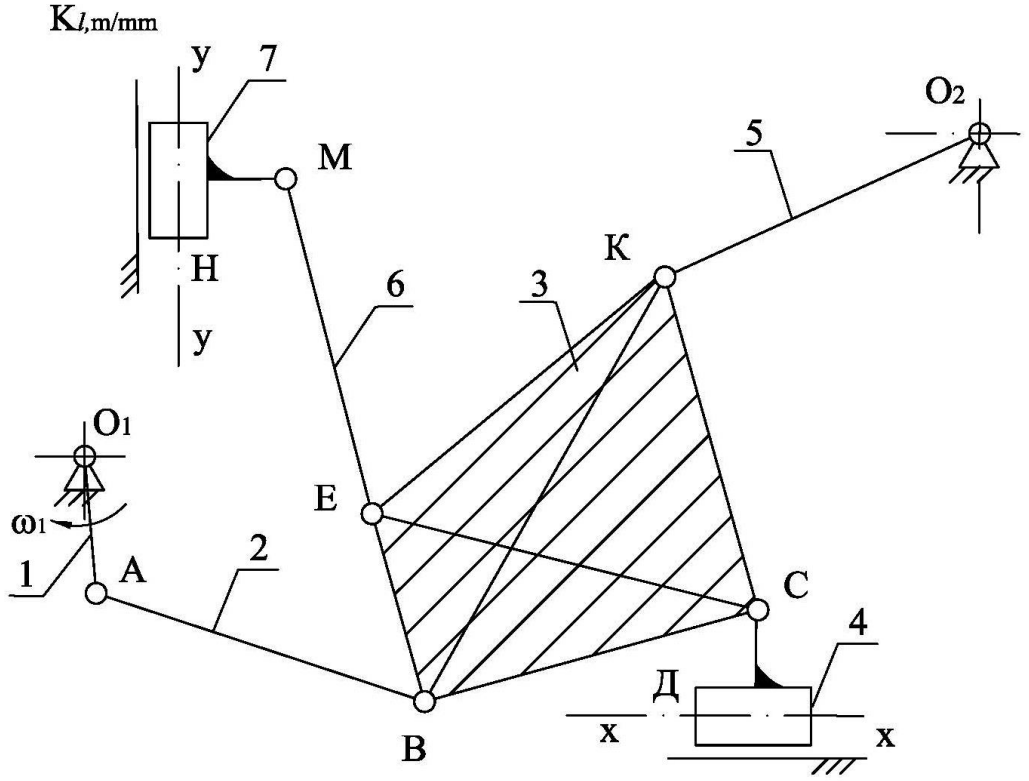


Fig. 1. Kinematic scheme of the third-class mechanism with two translational and other rotational kinematic pairs.

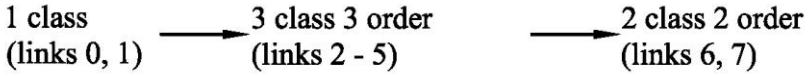


Fig. 2. Structure formula

The complexity of further kinematic analysis of such a mechanism using the graph-analytical method lies in the sequential connection of links in the structure of the mechanical system, which have planar-parallel motion, and the kinematic parameters of which are unknown quantities. This situation precludes the composition of systems of vector equations that would have a graphical representation for their solution. Indeed, when composition kinematic equations for point B, it is necessary to utilize known in advance (defined) parameters of two

other points, which would belong to two different links 2, 3, forming the kinematic pair B. With point A belonging to link 2, everything is clear (the point belongs to the driving link of the mechanism). However, there is uncertainty in the kinematic parameters of points coinciding with the centers of the kinematic pairs C, K, E of link 3, which prevents the resolution of vector equations regarding the kinematic parameters of point B. To investigate such a third-class mechanism, it is necessary to use a method based on determining the position of a "special" point [10] of the complex base link of the structural group of third-order third-class links. These actions complicate graphical constructions and the entire process of solving the problem using the graph-analytical method.

Note that for mechanisms with one degree of mobility, the unit of sequential kinematic analysis is proposed to be conducted from the initial mechanism towards the structural groups of links connected to the driving link according to their actual configuration (Fig. 2). The result of such analyses carried out graph-analytically, yields graphical representations in the form of velocity and acceleration diagrams, where vectors of absolute velocities and accelerations of mechanism points are constructed from an arbitrarily selected fixed point on the plane (the pole of construction) in a preselected scale.

We propose constructing velocity diagrams in an arbitrarily chosen, no-determined scale, considering a sequence that takes into account the selection of conventionally different possible initial mechanisms within the structure of the actual third-class mechanism [8]. Three such possible initial mechanisms have been identified, corresponding to the number of kinematic pairs formed by the moving links of the mechanism with a frame.

The configurations of third-class mechanism structures under the condition of selecting other possible initial mechanisms are depicted in Figures 3 to 5:

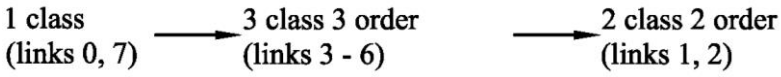


Fig. 3. Structure formula

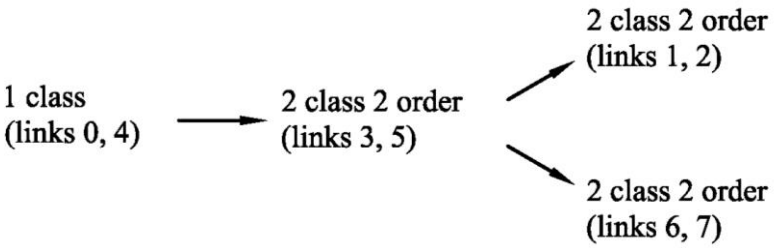


Fig. 4. Structure formula

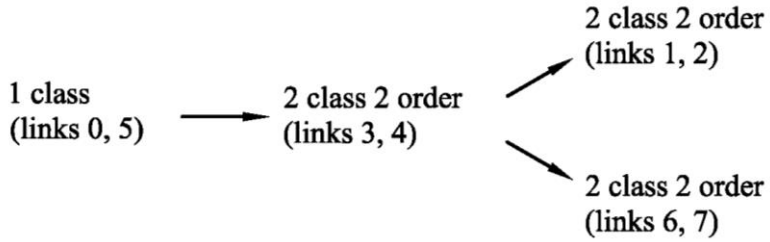


Fig. 5. Structure formula

From the analysis of the obtained structural configuration formulas, it can be concluded that the conditional selection of another possible driving link significantly affects the structural sequence of linking groups of links and their structural composition.

If slider 7 is conditionally chosen as the driving link in the mechanism (Figure 3), the mechanism remains structurally a third-class mechanism with a corresponding change in the links entering the structural groups of third and second classes, in which the driving link 7 executes a translational motion.

Significant structural changes are observed when link 4 or 5 is conditionally chosen as the driving link. According to the obtained structural configuration formulas (Figures 4, 5), in both cases, we observe a decrease in the class of the mechanism under investigation by one unit. If, conditionally, we select the combination of slider 4 and the frame 0 as another initial mechanism, forming a translational kinematic pair D (or the structural combination of links 5, 0, and the rotational kinematic pair O_2), then the third-class mechanism structurally transforms into a second-class mechanism with three structural groups of second-class links of the second order.

From the above, we can conclude that a third-class mechanism with two translational and other rotational kinematic pairs can be analyzed using a graph-analytical method in a sequence that corresponds to the investigation of a mechanical system with structural groups of second-class links of the second order.

We will perform the kinematic analysis of the mechanism for the position shown in the kinematic scheme (Figure 1), under the condition that the crank 1 has a constant angular velocity ω_1 = -100 rad/s (the "-" sign indicates that the direction of the angular velocity is clockwise). The following geometric parameters of link lengths are considered known:
l_{O1A} = 25 mm, $l_{AB} = l_{BC} = l_{CK} = l_{KO2} = l_{ME}$ = 60 mm, and l_{EK} = 65 mm.

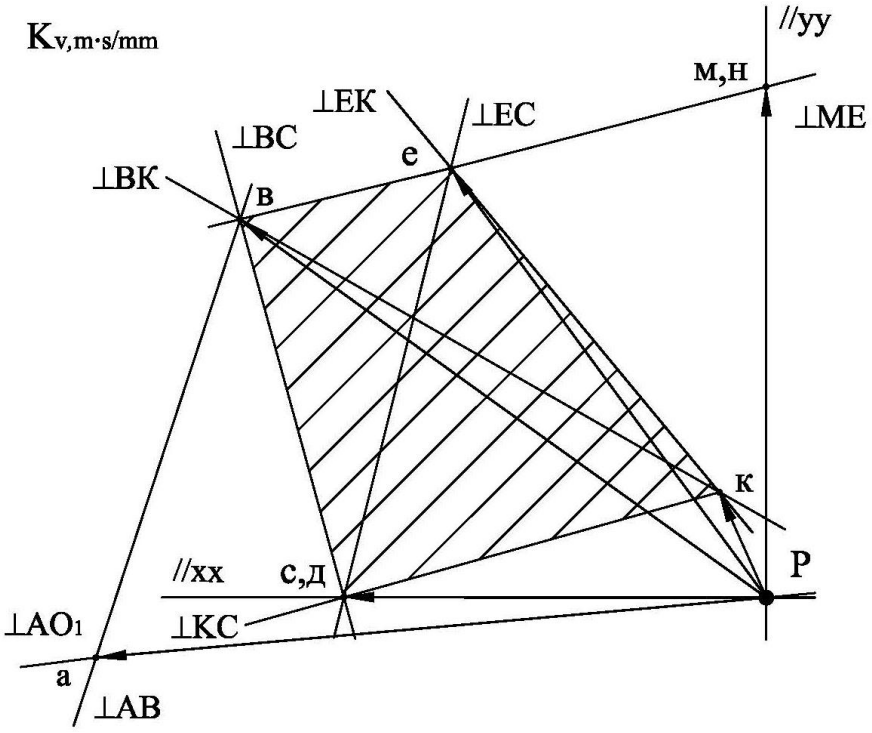


Fig. 6. Plan of velocity of a third-class mechanism with two translational and other rotational kinematic pairs.

We conduct the analysis of the mechanism using a graph-analytical method in the sequence determined by the structural configuration formula (Figure 5), which corresponds to the case where link 5 is conditionally chosen as the potentially movable link in the conditionally selected alternative initial mechanism. We graphically construct the plan of velocity (Figure 6) in an arbitrarily chosen scale, meaning the length of the vector $\overrightarrow{Pк}$ on the plan of velocity is represented by an arbitrary length in a direction chosen arbitrarily (for example, clockwise) along a line perpendicular to the segment KO_2.

We make a system of vector equations determining the membership of point C to links 3 and 4, taking into account that points C and D belong to slider 4, hence their velocities are equal in magnitude and direction:

$$\begin{cases} \vec{V}_C = \vec{V}_K + \vec{V}_{C;K} \\ \vec{V}_C = \vec{V}_Д = \vec{V}_{Дст} + \vec{V}_{Д;Дст} \end{cases}, \quad (1)$$

where point $Д_{ст}$ belongs to the fixed link, therefore $\vec{V}_{Дст} = 0$.

We determine the position of point «с» on the plan of velocity as a result of vectorially solving system of equations (1). Then, we construct the vector $\overrightarrow{Pc}$ of the absolute velocity of point C and determine the vector $\vec{V}_C = \vec{V}_Д$ on the plan.

We make a system of vector equations to determine the velocity vectors of points B and E, taking into account that both points belong to the connecting rod 3, which is a complex link:

$$\begin{cases} \vec{V}_B = \vec{V}_K + \vec{V}_{B;K} \\ \vec{V}_B = \vec{V}_C + \vec{V}_{B;C} \end{cases}, \qquad \begin{cases} \vec{V}_E = \vec{V}_K + \vec{V}_{E;K} \\ \vec{V}_E = \vec{V}_C + \vec{V}_{E;C} \end{cases} \quad (2)$$

The result of the vectorial solution of these systems of equations is the determination of the positions of the end points «в» and «е» of the velocity vectors $\vec{V}_B$ and $\vec{V}_E$ on the velocity diagram.

The membership of point M to two different links, 6 and 7, and the fact that points M and H are points of slider 7, are determined by the following system of vector equations:

$$\begin{cases} \vec{V}_M = \vec{V}_E + \vec{V}_{M;E} \\ \vec{V}_M = \vec{V}_H = \vec{V}_{Hст} + \vec{V}_{H;Hст} \end{cases}, \quad (3)$$

where point $H_{ст}$ belongs to the fixed link, therefore $\vec{V}_{Hст} = 0$.

We determine the position of point «м» and the length of the vector $\vec{V}_M = \vec{V}_H$ graphically.

We make a system of vector equations that allows us to determine the length of the vector $\overrightarrow{Pa}$ on the plan, satisfying an arbitrarily chosen scale, in which the velocity plan is constructed:

$$\begin{cases} \vec{V}_A = \vec{V}_B + \vec{V}_{A;B} \\ \vec{V}_A = \vec{V}_{O_1} + \vec{V}_{A;O_1} \end{cases} \quad (4)$$

It is important to note the necessity of verifying that the direction of rotation of the conditionally chosen alternative driving link 5 has been selected correctly. We find the direction of the angular velocity of link 1 along the direction of the obtained vector $\overrightarrow{Pa}$ on the velocity

plan. In our case, there is a coincidence of this direction with the one specified by the task condition, indicating the correct selection of the direction of motion for the conditionally chosen crank 5. In the case of different directions, it is necessary to repeat the construction of the velocity plan under the condition of changing the direction of rotation of the conditionally chosen crank 5 to the opposite.

We calculate the actual velocity magnitude of point A as a point belonging to the driving link of the mechanism:

$$V_A = \omega_1 \cdot l_{O_1A_1} = 100 \cdot 0{,}025 = 2{,}5 \text{ m} \cdot \text{s}. \quad (5)$$

The magnitude of the velocity plan scale is determined from the equation:

$$K_V = \frac{V_{A_1}}{P_{a_1}} = \frac{2{,}5}{116{,}9} = 0{,}022 \text{ m} \cdot \text{s /mm}. \quad (6)$$

We calculate the actual magnitudes of the angular velocities of all links of the third-class mechanism:

$$\omega_2 = \frac{V_{A;B}}{l_{AB}} = \frac{ав \cdot K_V}{l_{AB}} = \frac{79{,}3 \cdot 0{,}022}{0{,}06} = +29{,}1 \text{ rad/s}.$$

$$\omega_3 = \frac{V_{C;K}}{l_{CK}} = \frac{ск \cdot K_V}{l_{CK}} = \frac{68{,}1 \cdot 0{,}022}{0{,}06} = -25{,}0 \text{ rad/s}.$$

$$\omega_5 = \frac{V_K}{l_{KO_2}} = \frac{Pк \cdot K_V}{l_{KO_2}} = \frac{20{,}5 \cdot 0{,}022}{0{,}06} = -7{,}5 \text{ rad/s}.$$

$$\omega_6 = \frac{V_{M;E}}{l_{ME}} = \frac{ме \cdot K_V}{l_{ME}} = \frac{65{,}4 \cdot 0{,}022}{0{,}06} = -20{,}7 \text{ rad/s}, \quad (7)$$

where $ав; ск; Pк; ме$, mm – the corresponding lengths of segments on the velocity plan;

$l_{AB}; l_{CK}; l_{KO2}; l_{ME}$ – lengths of the corresponding links, m.

The "-" sign of the angular velocity magnitude indicates that its direction coincides with the clockwise direction, while the "+" sign indicates that its direction is opposite to the clockwise direction.

Conclusions

A structural analysis of a complex planar third-class mechanism with two translational and other rotational kinematic pairs has been conducted, considering all possible structural transformations under the condition of choosing other possible driving links. Using a graph-analytical method that takes into account the property of planar mechanisms to structurally change their configuration depending on the chosen initial mechanism, a kinematic analysis of the third-class mechanism has been carried out in a manner characteristic of second-class mechanisms.

Bibliography

1. Reich Y, Shai O (2012) The interdisciplinary engineering knowledge genome // Res Eng Design 23(3):251 – 264, DOI 10.1007/s00163-012-0129-x
2. Joldasbekov S., Ibraev S., Zhauyt A., Nurmagambetova A., Imanbaeva N. (2014) Modular synthesis of plane lever six-link mechanism of high class. Middle-East // J. of Sci. Research. – 21, N 12, P.2339 – 2345.
3. Y Q Li, Y Zhang, L J Zhang. (2020) A new method for type synthesis of 2R1T and 2T1R 3-DOF redundant actuated parallel mechanisms with closed loop units // Chinese Journal of Mechanical Engineering, – p. 33-78.

4. .Wohlhart K (2010) Position analysis of normal quadrilateral Assur groups // Mechanism and Machine Theory 45(9):1367 – 1384, DOI 10.1016/j.mechmachtheory.2010.03.002
5. Cheng, Z., & Li, Q. (2021) Kinematic analysis of a 4-SSSS compliant mechanism for large-deflection motion // Mechanism and Machine Theory, – 164 c.
6. Zawodniok, M., & Jezowski, J. (2020) Kinematic synthesis of planar four-bar mechanism with prescribed workspace by Bézier curve // Mechanism and Machine Theory, – 152 c.
7. Dvorzhak V (2019) Force analysis of the mechanism of the oscillating movement of the ear needles of the warp knitting machine // Bulletin of the Kyiv National University of Technology and Design. Technical sciences. – № 3 (134). – C. 26-35
8. Koshel' S. O., Dvorzhak V. M., Koshel' G. V., Zalyubovskyi M. G. (2022) Kinematic Analysis of Complex Planar Mechanisms of Higher Classes // Int. Appl. Mech. – 58, N 1. – P. 111 – 122.
9. Zalyubovs'kyi M. G., Panasyuk I.V., Koshel' S.O., Koshel' G.V. (2021) Synthesis and analysis of redundant-free seven-link spatial mechanisms of part processing machine // Int. Appl. Mech. – 57, N 4. – P. 466 – 476.
10. Bulgakov V., Chernysh O/, Adamchuk M., Berezovy M., Yaremenko V. (2019). Theory of mechanisms and machines - a textbook // Center of Educational Literature, 068. ISBN: 978-611-01-2134-5.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ШНЕКА ЕКСТРУЗІЙНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ

Косіюк М.М., Костюк М.А., Костюк С.А.
Хмельницький національний університет, Украина

Анотація. В наш час провідне місце займає полімерна промисловість. Вироби з полімерів набули широкого застосування в сучасній техніці та побуті. Але незважаючи на всі переваги полімерів, перед світовою спільнотою постала актуальна проблема – боротьба з відходами (налагодження вторинної переробки сировини в тому числі полімерів). Нажаль вторинна переробка полімерних відходів має свої особливості та закономірності, що пов'язано з індивідуальними властивостями полімерів. Будова полімеру та спосіб його використання для виготовлення конкретних виробів обумовлює тип переробки. Тому процес сортування та очищення від бруду і домішок, а також аналіз та визначення степені старіння полімеру є важливими завданнями при підготовці відходів до вторинної переробки. Також при вторинній переробці майже для кожного типу полімеру проектуються персональні робочі органи екстузійної машини задля формування розплаву з заданими параметрами, щоб забезпечити якість і необхідні експлуатаційні властивості виробу.
Незважаючи на постійний розвиток науки і техніки задача вторинної переробки полімерів та розроблення технологічного забезпечення процесу, які б забезпечували високі експлуатаційні характеристики виробів після переробки є актуальним завданням.
Метою роботи є розроблення конструкції черв'ячного вала блокованої структури екструзійної машини для вторинної переробки полімерних матеріалів.
На основі аналізу науково-технічної літератури, обґрунтована доцільність удосконалення конструкції черв'ячного валу екструзійної машини. Сформульовані основні критерії підвищення якості розплаву з полімерних відходів.
Запропоновано модернізовану конструкцію черв'ячного вала екструзійної машини, яка дозволяє підвищити продуктивність, гнучкість переналагодження та довговічність. Розроблено методику моделювання процесу просування розплаву по гвинтовим каналам шнека. З врахуванням існуючого досвіду і результатів проведених досліджень сформовано вимоги щодо секцій черв'ячного вала екструзійної машини.
Експериментальні випробування шнеку блокованої структури, підтвердили підвищення їх експлуатаційних властивостей і зниження трудомісткості при технічному обслуговувані.
Результати проведеної роботи планується узагальнити і використати для виготовлення робочих органів екструдерів при переробці різних типів полімерів з забезпеченням високих експлуатаційних властивостей виробів.
Ключові слова: екструзійна машина, робочі органи, черв'ячний вал, вторинна переробка полімерів, екструзія, змішування, пластифікація, дегазація, гомогенізація, диспергування, зона дозування, зона завантаження, полімери, шнек.

Актуальність роботи

В наш час провідне місце займає полімерна промисловість. Вироби з полімерів набули широкого застосування в сучасній техніці та побуті. Але незважаючи на всі переваги полімерів, перед світовою спільнотою постала актуальна проблема – боротьба з відходами (налагодження вторинної переробки сировини в тому числі полімерів). Нажаль вторинна переробка полімерних відходів має свої особливості та закономірності, що пов'язано з індивідуальними властивостями полімерів. Будова полімеру та спосіб його використання для виготовлення конкретних виробів обумовлює тип переробки. Тому процес сортування та очищення від бруду і домішок, а також аналіз та визначення степені старіння полімеру є важливими завданнями при підготовці відходів до вторинної переробки. Також при вторинній переробці майже для кожного типу полімеру проектуються персональні робочі органи екстузійної машини задля формування розплаву з заданими параметрами, щоб забезпечити якість і необхідні експлуатаційні властивості виробу.

Незважаючи на постійний розвиток науки і техніки задача вторинної переробки полімерів та розроблення технологічного забезпечення процесу, які б забезпечували високі експлуатаційні характеристики виробів після переробки є актуальним завданням.

Метою роботи є розроблення конструкції черв'ячного вала блокованої структури екструзійної машини для вторинної переробки полімерних матеріалів.

На основі аналізу науково-технічної літератури, обґрунтована доцільність удосконалення конструкції черв'ячного валу екструзійної машини. Сформульовані основні критерії підвищення якості розплаву з полімерних відходів.

Запропоновано модернізовану конструкцію черв'ячного вала екструзійної машини, яка дозволяє підвищити продуктивність, гнучкість переналагодження та довговічність. Розроблено методику моделювання процесу просування розплаву по гвинтовим каналам шнека. З врахуванням існуючого досвіду і результатів проведених досліджень сформовано вимоги щодо секцій черв'ячного вала екструзійної машини.

Експериментальні випробування шнеку блокованої структури, підтвердили підвищення їх експлуатаційних властивостей і зниження трудомісткості при технічному обслуговувані.

Результати проведеної роботи планується узагальнити і використати для виготовлення робочих органів екструдерів при переробці різних типів полімерів з забезпеченням високих експлуатаційних властивостей виробів.

Постановка проблеми

В наш час в більшості країн світу провідне місце займає полімерна промисловість. Полімери набули широкого застосування в сучасній промисловості та побуті. Лише в Україні сумарний обсяг виробництва полімерів становить близько 300 тис. тонн на рік. Зростання частки використання полімерних конструкційних матеріалів у промисловості призводить до накопичення відходів, чим обумовлена потреба їх переробки. Вторинна переробка полімерних відходів має свої закономірності та вимагає відповідного технологічного забезпечення для кожного виду полімеру, що пов'язано з індивідуальними властивостями полімерів. Будова полімеру та технологія виготовлення конкретних виробів обумовлює тип переробки.

При вторинній переробці для кожного типу полімеру проектуються персональні робочі органи екструзійних машин, для формування розплаву з заданими параметрами, чим забезпечується якість та необхідні експлуатаційні властивості виробу.

Незважаючи на постійний розвиток науки і техніки, задача вторинної переробки полімерів та розроблення удосконаленої конструкції робочих органів екструзійної машини для технологічного забезпечення процесу, які б дозволяли формувати високі експлуатаційні характеристики виробів після переробки є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В історії розвитку полімерної переробної промисловості зустрічаються різні конструктивні варіанти виконання робочих органів екструзійних машин. Для екструзійної переробки пластмас використовують черв'ячні, дискові та комбіновані екструдери. Широкого застосування набули черв'ячні екструзійні машини, рис. 1.

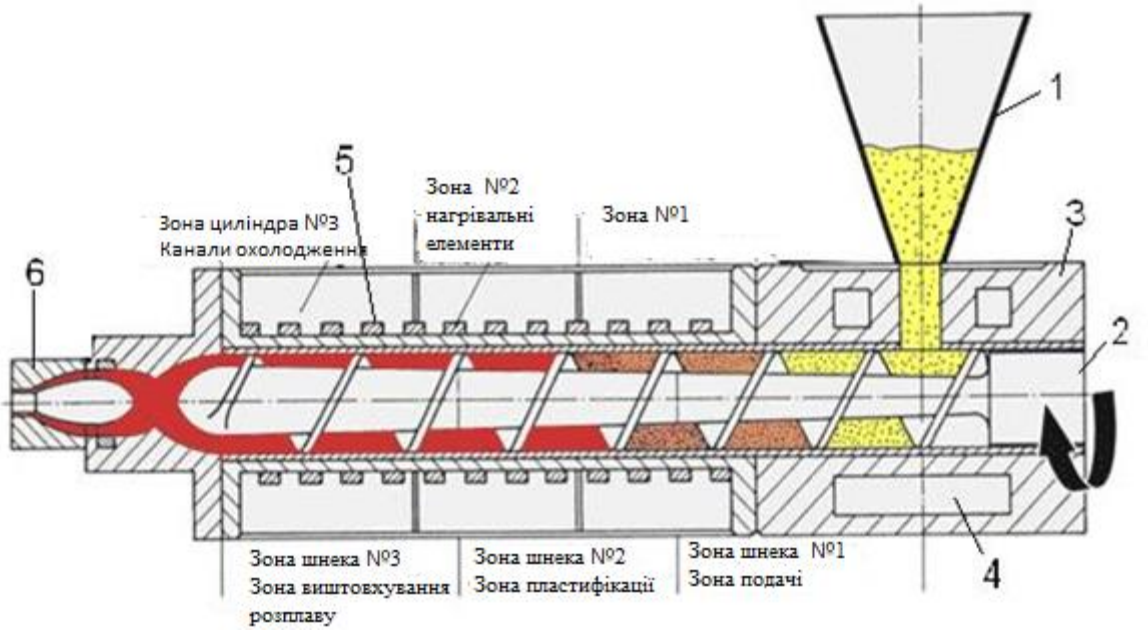


Рис. 1. Схема черв'ячного екструдера: 1– бункер, 2– черв'як, 3– циліндр, 4– водяні канали, 5– нагрівач, 6– формуюча головка з адаптером

В залежності від продуктивності та технології переробки (режими роботи, термодинаміка процесу переробки) робочі органи екструдерів постійно модернізують. Тому існує велика гама модифікацій робочих органів, які відрізняються кількістю робочих зон, відношенням геометричних параметрів, формою канавок, кроком черв'яка і т.п.

Функціональним призначенням черв'яка екструзійної машини є транспортування та формування розплаву (перемішування, диспергування, дегазація) В залежності від марки перероблюваного полімеру та його фізико-механічних властивостей, а також продуктивності процесу розробляється конструктивне виконання робочих органів з відповідними конструктивно-технологічними параметрами.

Mohr W.D., Saxton R.L., Jepson C.H. у своїх працях стверджують, що поведінка в'язко-пластичних матеріалів, які є об'єктами обробки екструдуванням, при різних створюваних навантаженнях і деформаціях описується законами реології [1]. Основними реологічними властивостями матеріалу є пружність, пластичність, в'язкість і міцність, які проявляються у тій чи іншій мірі залежно від стану матеріалу і характеру прикладених навантаженнь. Л.В. Антипова досліджуючи процеси переробки полімерної сировини стверджує, що контроль якісних показників саме за вказаними властивостями дозволить створити екструдовані вироби підвищеної міцності [2]. Встановлено, що для виконання умов виготовлення якісної продукції необхідно здійснити аналіз характеристик конструктивно-технологічного забезпечення процесу переробки полімерної сировини.

В сучасному машинобудуванні широкого застосування набули черв'ячні цільні вали довжиною до 4-х метрів з відповідними параметрами профілю черв'яка в залежності від типу перероблюваного матеріалу (рис.2).



Рис. 2. Принципові конструкції цільних черв'ячних валів екструдера

Одним із суттєвих недоліків черв'ячних валів цільної конструкції є відсутність можливості гнучкого переналагодження екструзійної машини під інший вид сировини.

У високотехнологічних сучасних екструзійних машинах питання підтримання якості розплаву вирішується за допомогою зміни швидкості просування, температури, добавки хімічних агентів, а також шляхом організації багатостадійної переробки за каскадною схемою (рис. 3).

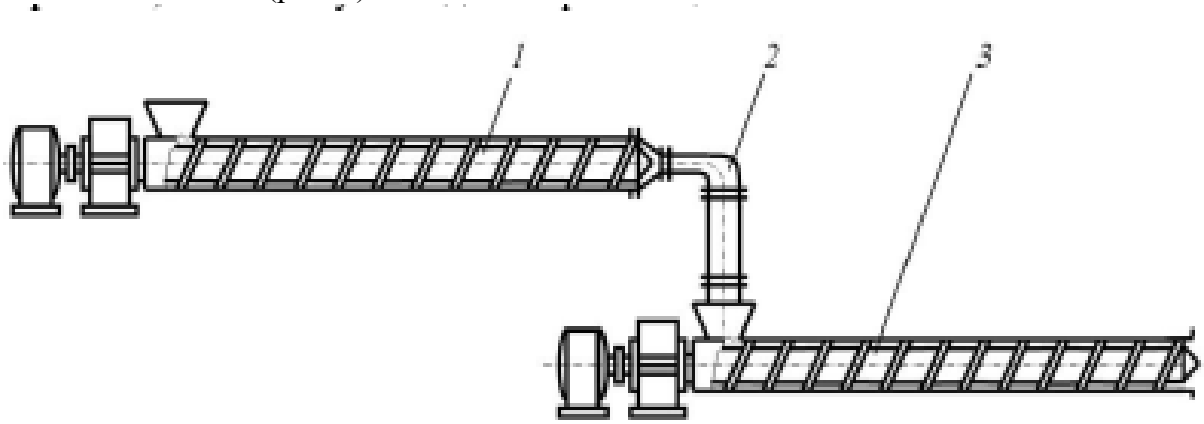


Рис. 3 – Каскадна схема екструзії: 1 – перша гілка каскаду; 2–розплавопровід; 3– друга гілка каскаду

Як показує досвід експлуатації екструзійних машин більшість відмов спричинена виходом з ладу робочих органів екструзійної пари. Робоча пара екструзійної машини (черв'ячний вал – камера екструдера) – відповідальний вузол, який сприймає значні просторові навантаження, що призводить до передчасного зношування контактуючих поверхонь. Зношування робочих поверхонь носить нерівномірний характер і в першу чергу досягає критичних значень в зоні підвищених тиску і температур, в результаті чого знижується продуктивність та настає параметрична відмова машини. У відповідності до експлуатаційних рекомендацій максимальна величина зазору в робочій парі черв'ячний вал – камера екструдера не повинна перевищувати 0,8 мм.

Більшість черв'ячних валів екструдерів відрізняються лише типорозмірами та конструктивним виконанням в залежності від призначення й марки перероблюваного матеріалу. Фізико-механічні властивості перероблюваного матеріалу регламентують температурно-швидкісний режим процесу та тиск на відповідних ділянках шнека.

При переробці первинної сировини як правило умовно виділяють три зони черв'ячного валу екструдера: завантаження, пластифікації та гомогенізації. При вторинній переробці вводяться зони диспергування, дегазації, активного змішування.

До основних технологічних параметрів одношнекового екструдера відносяться: швидкість обертання шнека n, відношення довжини до діаметра *L/D*, геометричний профіль шнека (рис. 4), степінь стиску (компресія) – відношення об'єму одного витка черв'яка в зоні загрузки до об'єму витка в зоні дозуваня.

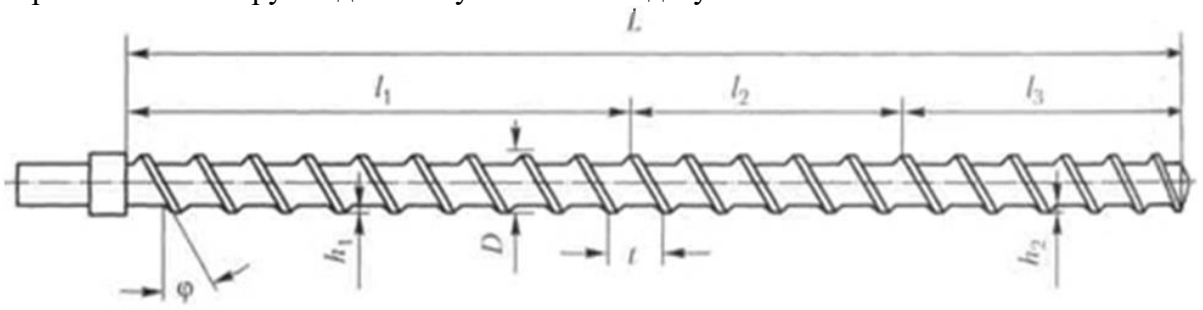


Рис. 4. Принципова схема конструкції черв'яка: *L* – довжина гвинтової частини чер'яка; *D* – зовнішній діаметр черв'яка; φ – кут нахилу нарізки черв'яка; *t* – крок черв'яка; h_1 – глибина канавки черв'яка в першій зоні; h_2 – глибина канавки черв'яка в третій зоні; l_1– довжина зони подачі; l_2 – довжина зони пластифікації; l_3 – довжина зони гомогенізації

В залежності від технологічного процесу екструзії застосовують черв'ячні вали з певним співвідношенням довжини до діаметру, рис. 5.

L/D	Технологічний процес екструзії
20:1	Лиття під тиском
24:1	Екструзія
30:1	Екструзія плівки
32:1	Екструдери з дегазацією та додатковими змішувальними елементами
36:1	Компаундна екструзія

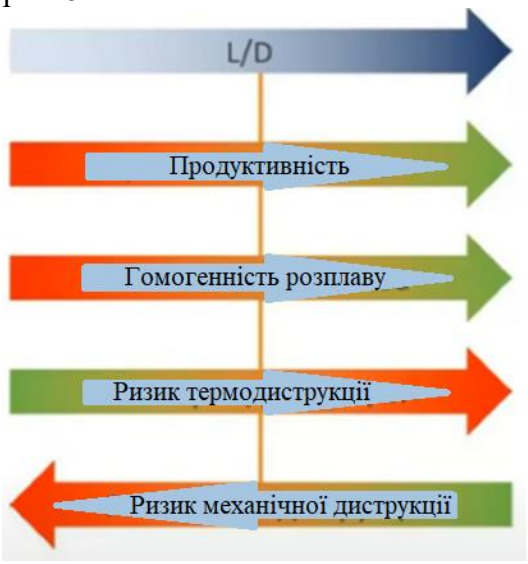


Рис. 5. Вплив співвідношенням довжини до діаметру черв'ячного валу екструдера на технологічний процес

Існує багато різноманітних схем екструзії та конструктивних елементів за допомогою яких забезпечується якісна переробка матеріалів, тому завдання конструктора зводиться до вибору оптимальної схеми екструзії для конкретного матеріалу, модернізації робочих органів з використанням конструктивних елементів і оптимізації режимів перероблення, що забезпечить оптимальну працездатність і якість виробу.

Аналіз досліджень черв'ячних екструдерів у різних конструктивних виконаннях, вказує на необхідність проведення конструкторсько-технологічних заходів спрямованих на підвищення довговічності робочої пари черв'як – циліндр та доцільність удосконалення їх конструкцій з метою підвищення гнучкості переналагодження й якості виробів.

Мета роботи

Удосконалення конструкції черв'ячного вала екструдера для підвищення продуктивності, гнучкості, переналагодження й якості виробів.

Виклад основного матеріалу дослідження

В роботі пропонується низка конструкторських і технологічних рішень, які забезпечують суттєве підвищення довговічності, гнучкості переналагодження, якості розплаву, ремонтопридатності.

Запропоновано модернізовану конструкцію черв'ячного вала екструдера блокованого типу.

В основу конструкції черв'ячного вала екструдера покладено шліцьовий вал регламентованої довжини (визначається технологічним процесом екструзії) на який встановлюється комплект блоків з черв'ячною нарізкою відповідного профілю.

В роботі використовується морфологічний підхід щодо генерування оптимальної конструкції шнека з кодованих блоків для певного технологічного процесу екструзії. Такий підхід дозволяє максимально оптимізувати конструкцію шнека при мінімальних витратах, а також підвищує ремонтопридатність та довговічність машини в цілому.

При переробці деяких полімерів лише на стадії диспергування та динамічного змішування використовують більше десяти модифікацій конструктивних елементів (рис. 6).

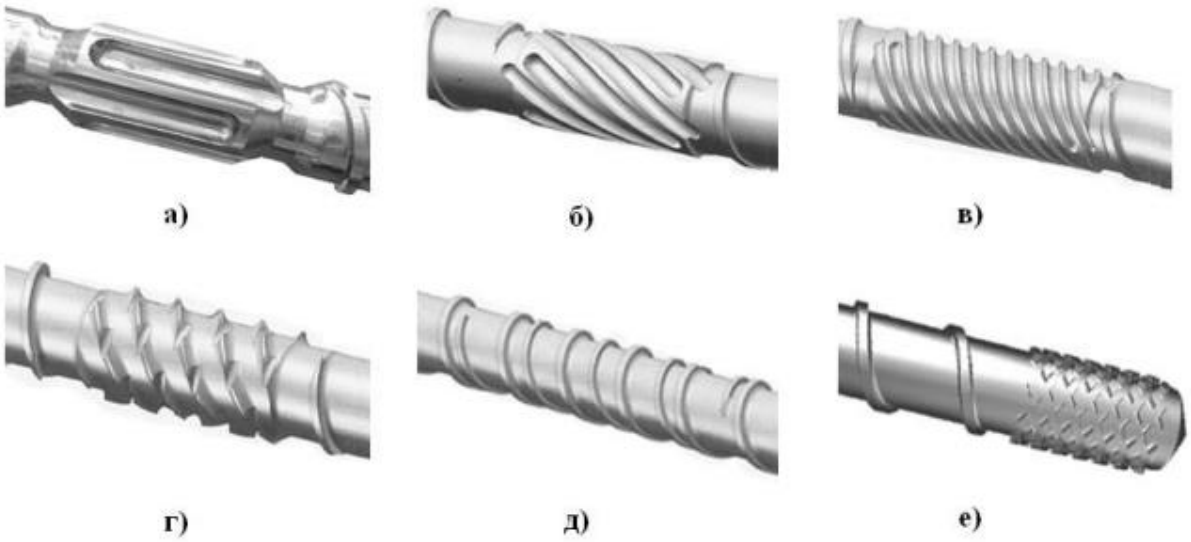


Рис. 6. Принципові конструкції диспергуючих та змішувальних елементів: а) – елемент Меддока; б) – спіральний елемент Меддока; в) – змішувальна зона Далмейджа ;г) – змішувальна зона Сакстона; д) – бар'єрна секція; е) – ананасоподібний змішувальний елемент

Таким чином маючи набір кодованих блоків зявляється можливість складання необхідної конструкції шнека відповідно до розробленої методики.

В основі дослідження просування розплаву по гвинтовим каналам черв'ячного валу екструзійної машини покладено спрощену ньютонівську модель. Перевага даного способу полягає в простоті розрахунків. Недоліками є похибки, оскільки не враховуються реологічні особливості потоку розплаву та процеси теплообміну.

Запропоновано методику моделювання процесу диспергуючого змішування в одночерв'ячному екструдері, що відбувається в зоні гомогенізації розплавленого полімеру. В роботі зроблено припущення, що матеріал повністю розплавлений, і

нерозплавлені гранули полімерів в розплаві відсутні. Це дозволяє висунути гіпотезу, що змішуються взаємно нерозчинні рідини з різними густинами. Основним критерієм оцінки якості змішування є деформація зсуву, що виникає в розплаві під час його руху та взаємодії з робочими елементами.

Модель процесу просування розплаву полімеру наведено на рис.7.

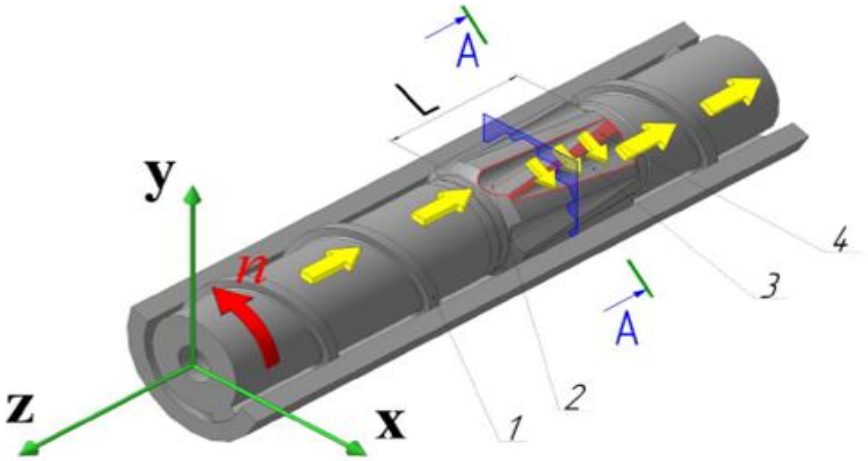


Рис. 7. Модель процесу диспергуючого змішування:
1 – гвинтова нарізка; 2 – впускний канал; 3 – випускний канал; 4 робочий зазор;
L – довжина змішувального елементу

Обертання черв'яка формує градієнт тиску і в каналі одночерв'ячного екструдера створюється ламінарний потік розплаву полімеру. Після просування по гвинтовій канавці черв'яка розплав потрапляє у впускні канали змішувального елемента для покращеного перемішування і розтирання агломерату більшої фракції.

При диспергуючому змішувані гранули сировини повинні піддаватись наступним видам навантажень: стискання; розтирання; зсув та розрізання.

При виході розплаву з гвинтової лінії шнека виникає градієнт тиску по осі z, що вдавлює розплав у впускний канал диспергуючого елемента до його повного заповнення. Далі розплав витісняється з впускного каналу змішувального елемента в поперечному напрямі і по спеціально нарізаним вузьким каналам. Витіснений розплав каналу, натрапляє на рухомі нахилені виступи, що рухаються в зустріч потоку розплаву із швидкістю обертання черв'яка, створюючи інтенсивні деформації зсуву, які призводять до руйнування та подрібнення агломератів. Цей процес забезпечує якісне диспергування і є важливим етапом у змішуванні компонентів.

Існують різні теоретичні напрямки вдосконалення даного процесу, але їх об'єднання з практикою наразі не є повним. Тому вдосконалення методик розрахунку та моделювання процесу диспергуючого змішування є актуальним завданням. У моделюванні даного процесу важливо створити адекватну модель, яка враховує поведінку розплаву полімеру у гвинтових каналах екструзійної машини.

За результатами проведених досліджень сформовані основні вимоги щодо секцій черв’ячного вала екструзійної машини:

- секції не повинні викликати падіння тиску в робочій камері, крім секцій дегазації;
- секції не повинні мати «мертвих зон», що призводять до зависання матеріалу;
- потік розплаву через секцію повинен спрямовуватись максимально вперед;
- розплав повинен забезпечувати максимальне змочування стінок циліндра;

– повинен забезпечуватись легкий доступ для обслуговування;
– конструкція черв'ячного вала повинна бути технологічною і відносно недорогою.

Висновки

Розглянуто існуючі конструкції робочих органів екструзій них машин. Проведено аналіз конструкторсько-технологічних методів спрямованих на підвищення довговічності та експлуатаційних властивостей черв'ячного вала. Розроблено методику щодо генерування оптимальної конструкції шнека з кодованих блоків для певного технологічного процесу екструзії. Запропоновано модернізовану конструкцію черв'ячного вала екструзійної машини, яка дозволяє підвищити продуктивність, гнучкість переналагодження та довговічність. Розроблено методику моделювання процесу просування розплаву по гвинтовим каналам шнека.

За результатами проведених досліджень сформовані основні вимоги щодо секцій черв'ячного вала екструзійної машини.

Експериментальні випробування шнеку блокованої структури, підтвердили підвищення їх експлуатаційних властивостей і зниження трудомісткості при технічному обслуговувані.

Література

1. Mohr W.D., Saxton R.L., Jepson C.H. Theory of Mixing in the Single-Schrew-Extruder // Industrial and Engineering Chemistry. 2007. V. 49. № 11. P. 185 –196.
2. Л.В. Антипова Обладнання та технології отримання виробів термопластичною экструзією / Житомир, 2008. — 198 с
3. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів : навч. посіб. / І. О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко. – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 200 с.
4. Мікульонок І. О. Обладнання і процеси переробки термопластичних матеріалів з використанням вторинної сировини: монографія. – Київ : ІВЦ, Видавництво «Політехніка»", 2009. – 265 с.
5. Hans G.L. Menges, U.S. Patent 3,680,844.

ANALYSIS OF EXISTING AND PROSPECTIVE CONVEYOR TYPES FOR MOVEMENT OF PIECE CARGOES

Kovalyov Y., Bilashov K., Pleshko S.
Kyiv National University of Technology and Design, Ukraine

Abstract . The successful operation of modern light industry enterprise implies movement large number of various cargoes. Due to this, main part of equipment of these enterprises is a variety of transporting and lifting machines and devices that are widely used in mechanization and automation of production processes.
Most of the nomenclature of piece cargoes consists of products with a flat support surface, moved by conveyors of various types, which are the main executive devices and represents transportation system that implements control algorithms of loads transferring.
Conveyors are one of the most versatile types of industrial equipment. From the all variety of conveyors, the vast majority of conveyors are used to move piece loads.
Some types of conveyors are considered in the work: belt, roller (gravitational and driven), chain conveyors.
Tasks for further research are formulated.
Keywords: transportation, transportation objects, belt conveyors, roller conveyors, chain conveyors, overloading.

Introduction

Transportation, loading/unloading and warehouse operations at the modern light industry enterprise are associated with movement of large number of various cargoes. Due to this, main part of the equipment of these enterprises is a variety of transporting and lifting machines and devices, which are widely used in the mechanization and automation of production processes [1]. The operation of entire enterprise depends on the reliable logistics of shoe production. Therefore, the problem of analyzing production logistics schemes is relevant and timely.

Mass production is based on continuous production, where transportation machines, being an integral part of technological process, ensure transferring of the semi-finished product from one operation to another and clear operation of the entire flow. High productivity of the enterprise can be achieved only with the rational usage of various transportation and lifting machines at all stages of production – from supply of materials to delivery of finished products [2].

Most of the nomenclature of piece cargoes consists of products with a flat support surface, moved by conveyors of various types, which are the main executive devices and represents transportation system that implements control algorithms of loads transferring [3, 4].

The classification division of transport systems can be applied to any transportation process, where technological equipment can be presented by overloading devices, which performs weighing, marking, dosing and other devices through which cargo flows pass.

In synchronous systems, technological equipment is connected by a conveyor. After finishing certain processing on all equipment, the cargo is simultaneously moved by conveyor to the next positions, where further processing takes place. In asynchronous systems, technological equipment and conveyors work independently of each other. Accumulator device is located before each of them. Processed cargo from each unit of technological equipment is transported to this accumulator by conveyor and, if necessary, goes further to next one. Independence of the transport system operating from the technological equipment operating allows uninterrupted processing of the cargo flow.

There are many examples of both transport systems and conveyors classification in the literature [3-6].

Conveyors are one of the most versatile types of industrial equipment. From the all variety of conveyors, the vast majority of conveyors are used to move piece loads.

In general, conveyors use the movement of production objects to solve various tasks, such as [3]:

– prompt movement of production objects from point A to point B in order to exclude usage of forklifts, etc.;
– relocation of production facilities that are too heavy for workers;
– moving the product while operators continue working with it (or adding additional parts to it). For instance final assembly conveyor at a car factory;
– protecting workers from repetitive motion injuries. Or protection against product damage;
– delivery of products robotic devices for processing. Or receiving products from the robot, prepared for the next step;

Stores and buffers are used for:

– storage of products between processes or at the last stage of the process;
– creation of buffer or accumulative stock. Used as a flexible storage system to balance technological flow;
– arrangement or changing sequence of products between processes;
– overloading of production facilities from one vehicle to another in order to create a single closed transportation and logistics chain.

Belt conveyors. In the modern world, this type has gained the widest distribution, due to its versatility. Such equipment is used for the transportation of bulk, piece, lumpy and other types of cargo. It is also used on the continuous production for the purpose of interoperational transportation.

Belt conveyors differs by design. Following types are most common: straight conveyors, which have gutter in cross-section and inclined.

In our opinion, a Z-shaped or L-shaped conveyor, in which some part of track is straight, and the other part is inclined, is one of the most interesting. [5, 7].



Fig. 1. Z-shaped conveyor

Among the devices, the Z-shaped conveyor is considered as one of the most complex. They are used, as a rule, when is necessary to install them in a limited space, where is impossible to construct a line consisting of ordinary straight and inclined conveyors. It is expedient to use it for overloading production facilities from one vehicle to another, which is located at a different height.

If there is a need to change movement direction of transportation objects, rotary conveyors are used. In this case, conveyor belt moves in steel base on sliders divided into segments. A distinctive feature of this equipment is presence of torque transmission system.

When there is a need to change the point of unloading or overloading, telescopic conveyors are used [4].



Fig. 2. Telescopic conveyor

The telescopic conveyor allows to change distance and inclination angle during work. There is no need to stop device and release it from the load. Process of loading and unloading when using this equipment is as much efficient as possible.

Roller conveyors. They are divided into gravitational and driven.

Gravity roller conveyor. This is one of the simplest types, they are very affordable. Rollers installed on the side frame provide a rolling surface. [3].

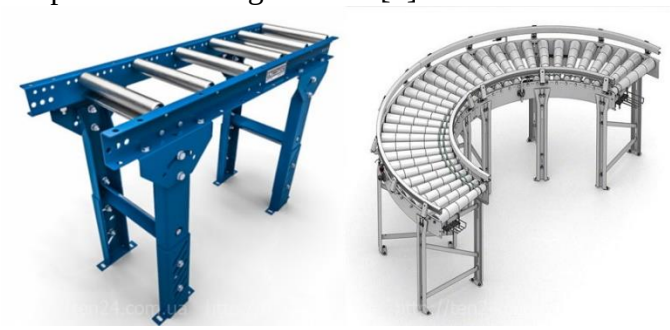


Fig. 3. Gravity roller conveyor

When installed at inclination angle, parts move by means of gravity. However, when using gravity conveyors for parts of different sizes and weights, this can be more difficult. Therefore, there is a need for speed control. These can be devices for changing the angle or various braking systems (brake rails, guides, brake rollers of various designs).

The conveyor frame can be stationary or telescopic, which allows change rapidly location of both loading and unloading areas.



Fig. 4. Gravitational telescopic roller conveyor

Spiral conveyors (elevators). Are used for transporting products in standardized packaging between floors of warehouse racks or between vehicles located on different levels. Spiral conveyors based on roller conveyors are used to descent boxes, cases and containers. The minimal dimensions of the elevator combined with high productivity make this equipment very useful at enterprises and in logistics complexes with large cargo flows of small objects [4].



Fig. 5. Spiral conveyors (elevators)

Roller conveyor with chain drive.

When combining rollers of the gravity conveyor with chains of the chain drive system, we can link the rollers one to each other.



Fig. 6. Drive roller conveyor

Usage of gearbox in the drive, which allows to change movement speed is sensible approach. Conveyors with such drive can be used in transportation systems with flexible work rhythm.

Roller conveyors, both gravity and driven, can be used as robotic devices to transfer production objects from one vehicle to another.



Fig. 7. Examples of roller conveyors usage for production objects overloading

A special place is reserved by conveyors with an individual roller drive that consists of electric motor and reduction gear (Fig. 8) [3]. Rollers are made of thick-walled pipes or forged workpieces designed for perception of large dynamic loads. Currently, special asynchronous electric motors are produced, designed for operation in a heavy mode with a large number of

inclusions. Frequency of shaft rotation of such motors is regulated by changing the frequency of electrical current within 10...70 Hz. Power of electric motor is determined by the average energy consumption on a separate roller. Losses consist of moments from resistance forces to rotation of the idler roller.



Fig. 8. Individual roller drive

Successes of electrical engineering industry have expanded application areas of conveyors with individual drive and, in particular, with electric motors built into the rollers. The operation of drive rollers with AC motors is quite synchronous. For example, motor-rollers with diameter of 120 mm with built-in AC electric motor are produced in Japan.

Chain conveyors. They are mainly used for heavy production objects. Also they are especially useful for objects with an uneven bottom surface[3].



Fig. 9. Chain conveyor

The conveyor's chain provides two or three contact points at the bottom of the load. As the chain moves, it moves the product forward. They are used to transport pallets and large industrial containers. If necessary, products are placed on pallets and transported by chains. The disadvantage of these conveyors is that they are metal-intensive (heavy) and usually move at a low speed.

Other examples of transportation equipment are considered in[7-11].

Conclusions.

1. The introduction of new conveyors types with simultaneous improvement of known structures, by reducing capital costs for transport, increasing versatility of transport devices, reducing energy and metal consumption for process of transporting objects will allow to increase level of mechanization of transport processes.

2. Existing conveyors types are not totally meeting requirements of quick reconfiguration and versatility when switching to a new nomenclature of transportation objects, sometimes they can't combine and provide next operations at the same time: transportation,

reverse movement, orientation, accumulation of objects, such cases require additional devices for listed operations, and ultimately increase cost of overloading operations.

3. It is necessary to determine optimal dimensions and constructions of transition section from one transportation unit to another in transportation system, which will ensure reliable operation of the transportation and logistics system.

4. Continue further research of dynamic processes of robotic devices that take part in overloading of transportation objects in transport and logistics systems.

Bibliography.

1. Kovalyov Y., Pleshko S., Lavrenchuk V. (2016). Analysis of transportation objects in logistics systems of shoe production. Light industry. - Bulletin of the KNUTD, 2, 25-27. [in Ukraine].
2. Kovalyov Y., Pleshko S., Lavrenchuk V. (2016). State and analysis of logistics schemes of cargo flows of shoe enterprises. Light industry. - Bulletin of the KNUTD, 3, 31-33. [in Ukraine].
3. https:// ten24.com.ua/ua/catalog/konveer-pechi/konveyery-i-transportery-lineynye-lentochnye-rolikovye-tsepnye-shnekovye/
4. https:// ssk.ua/ua/blog/konvejery-vidy-klassifikaciya-i-sfera-primeneniya-482.
5. https://mmr.net.ua/rus/29777
6. Rubanka M., Kovalyov Y., Rubanka A. (2023). Innovative technologies in production of sewing products: equipment of the preparatory department. Technologies and engineering. - Bulletin of the KNUTD, 4, 38-52. [in Ukraine].
7. https://prom.ua/p1052745032-obraznyj-lentochnyj-konvejer.html?utm_source=google_product&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=KT_cpc_1_5297199152&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAoeGuBhCBARIsAGfKY7wwciRg9yYIMrnszrpvoM0PMsXI3BsoCrw1hY5phWbF67y18u-LYhcaAiZFEALw_wcB
8. https://www.kailirubber.com/product/5/?gad_source=5&gclid=EAIaIQobChMIwKqm9p7BhAMVBhkGAB1x3wk1EAAYAiAAEgLaAvD_BwE.
9. https:// stprom.com.ua/ua/p15004406-rolikovyj-konvejer-rolgang.html
10. https://stalker.ua/areas/stellazhnye-sistemy/ (application date: 04.04.2023).
11. Roller Racking For Pallets - Nedcon Silesia // URL: http://nedcon.pl/ang/ regally rolkowe na-palety/(application date: 06.04.2022).

ОГЛЯД МАШИН ДЛЯ ЦИКЛІЧНОГО ШИТТЯ ВИРОБІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Красій М.[1], Нємий О.[1], Поліщук О., Лісевич С.[1], Рубанка М.[2]
[1]Хмельницький національний університет, Україна
[2]Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

Анотація. В статті проведено огляд машин для циклічного шиття швейних виробів легкої промисловості. Визначено типи машин для циклічного шиття. Описано функції та переваги машин циклічного шиття. Зазначена сфера використання програмованих автоматів циклічного шиття. Розглянуто особливості будови та характеристики найбільш популярних серед виробничників моделей програмованих машин циклічного шиття, а саме: програмованої машини циклічного шиття HIGHLEAD HLK-342G; програмованої машини циклічного шиття BRUCE BRC-T3020-F4-D; програмованої швейної машини циклічного шиття BRUCE BRC-14095A-SSYX-F13; програмованої машини циклічного шиття BRUCE BRC-F9000-SS-F13-X; програмованої машини циклічного шиття BRUCE F5000-F11AF13F25-X та промислового швейного автомату для виготовлення прорізних кишень GML216-K-ZSH(308).
Ключові слова: машина циклічного шиття, автомат, готовий виріб, легка промисловість.

Вступ

Зростання обсягів виробництва, нестача кваліфікованих виконавців, дефіцит часу – це головні проблеми підприємств легкої промисловості. Удосконалити, прискорити та спростити процес створення виробів швейної та взуттєвої промисловостей допоможуть програмовані машини циклічного шиття. Вони практично не вимагають втручання під час роботи: досить обрати потрібну програму та підготувати матеріал.

У легкій промисловості, особливо в сфері швейного виробництва, машини для циклічного шиття відіграють важливу роль у процесі виробництва та обробки матеріалів. Це обладнання використовується для широкого спектру завдань, починаючи від простого зшивання тканини до створення складних декоративних швів.

У даній статті будуть розглянуті різноманітні типи машин для циклічного шиття, їх функції та переваги, а також важливі аспекти вибору та експлуатації.

Виклад основного матеріалу

Існує декілька типів машин для циклічного шиття, кожен з яких має свої унікальні характеристики та застосування:

1. Оверлочні машини. Це обладнання використовується для обробки країв тканини та запобігання їх розшаруванню. Вони також дозволяють створювати красиві і міцні шви.

2. Плоскострочні машини. Вони призначені для стандартного прямого шиття тканини та використовуються для зшивання шматків матеріалу в різні конфігурації.

3. Верхньошовні машини. Це устаткування використовується для створення декоративних швів на поверхні виробу та виконання різноманітних дизайнерських елементів.

Функції та переваги машин для циклічного шиття.

Автомати для циклічного шиття мають численні переваги, які роблять їх популярними серед виробників текстилю:

- машини здатні працювати на високій швидкості, що дозволяє підприємствам збільшити обсяг виробництва;

- використання машин для циклічного шиття забезпечує стабільну та високоякісну якість швів, що є важливим для виробництва виробів легкої промисловості;

- машини можуть виконувати різноманітні операції шиття, включаючи обробку

країв, створення декоративних швів та застосування спеціальних технік.

Автомати циклічного шиття характеризуються наступними функціями:

- тип стібка;
- кількість запрограмованих стібків;
- кількість і типи голок;
- тип тканин, які можна використовувати;
- кількість ниток;
- розмір робочого поля;
- швидкість шиття;
- підйом притискної рамки;
- можливість зміни шаблонів;
- максимальне число шаблонів;
- автоматична обрізка ниток;
- автоматичне змащування і інші технічні характеристики.

Основними перевагами швейних машин циклічного шиття є:

- збільшення продуктивності;
- зменшення типових витрат;
- виключення ризиків, які несе людський фактор.

Програмовані швейні автомати широко використовуються на виробництвах легкої промисловості, завдяки своїй продуктивності та точності виготовлення продукції. Вони по трохи витісняють ручну роботу. Сфера застосування майже не обмежена за рахунок високої гнучкості програмування.

Наразі найбільше застосування машини отримали при виготовленні верхнього та спортивного одягу, чохлів на меблі та автомобільні сидіння, для нашивання складних елементів тощо.

Розглянемо найбільш популярні серед виробничників моделі програмованих машин циклічного шиття.

Програмована машина циклічного шиття HIGHLEAD HLK-342G.

Цей автомат обладнаний від'їзною пневматичною притискною лапою для пришивання деталей по закритому контору. Він має робоче поле 300х200 мм (рис.1) [1].



Рис.1. Програмована машина циклічного шиття HIGHLEAD HLK-342G

Машина обладнана сенсорним пультом керування. Має простий і інтуїтивно зрозумілий в використанні кольоровий сенсорний пульт з піктограмними кнопками.

Підтримує до 999 шаблонів програм. Перенесення шаблонів здійснюється через USB накопичувач.

Машина призначена для шиття важких матеріалів при виготовлені шкіряних виробів, сумок, взуття, спеціального одягу тощо.

При роботі з різною висотою настилу матеріалів є можливість програмувати різну висоту притискної лапки.

Програмована машина циклічного шиття BRUCE BRC-T3020-F4-D.

Програмований автомат BRC-T3020-F4-D використовується для нашивання елементів по закритому контуру з робочим полем 300х200 мм (рис.2) [1].

Програмована промислова швейна машина циклічного шиття обладнана від'їзною пневматичною притискною лапою для пришивання деталей по закритому контору.

Устаткування призначене для прошивання високих пакетів матеріалів при виготовленні шкіряних виробів, сумок, взуття, спеціального одягу тощо.



Рис.2. Програмована машина циклічного шиття BRUCE BRC-T3020-F4-D

Програмована швейна машина циклічного шиття BRUCE BRC-14095A-SSYX-F13.

Високоякісна швейна машина виготовлена на заводі Jack sewing machine co., ltd, спільно з німецькими інженерами (рис.3) [1]. Головка з видовженим рукавом та станина автомату спроектовані та виготовлені на високоточних лініях, завдяки чому при роботі машини майже не відчувається вібрація та шум. Це обладнання має робоче поле 1400х950 мм.



Рис.3. Програмована швейна машина циклічного шиття BRUCE BRC-14095A-SSYX-F13

Цей автомат має активний пневматичний притиск зовнішньої лапки. Пневматичний пристрій активного притиску матеріалу гарантує однакове зусилля притискання на різних товщинах та переходах. За рахунок цього виключається зміщення шарів матеріалів при переході потовщення.

Принцип роботи достатньо простий потрібно виставити необхідне зусилля притискання на регуляторі, і коли машина дошиє до потовщення, пристрій автоматично під налаштує притиск лапки.

Машина циклічного шиття BRUCE BRC-14095A-SSYX-F13 обладнана автоматичною системою розпізнавання шаблону RFID. Ця технологія дозволяє розпізнавати шаблони з 100% вірогідністю. Принцип роботи полягає в програмуванні спеціальних міток (які йдуть в комплекті), при наведені запрограмованої мітки на RFID зчитувач, машина автоматично змінює програму шиття відповідно до мітки.

Наявність датчика закінчення нижньої нитки. Циклічні машини працюють з великим об’ємом швів, для яких потрібно багато ниток. Автомат BRUCE BRC-14095A-SSYX-F13 утворює двохнитковий човниковий стібок, основною складністю при роботі з таким видом шва є обмежена кількість шпульної нитки. У ньому встановлена запатентованна система зчитування закінчення шпульної нитки. Перед закінченням шпульної нитки машина зупиняється та сигналізує оператору про необхідність заміни шпулі.

Вона оснащена гвинтовим приводом просування шаблону з автоматичною системою змащення. Найбільше навантаження при переміщенні шаблона по робочій поверхні припадає на вісь Y, тому просування реалізовано системою гвинтового приводу. А для збільшення стабільності та запасу потужності в підкласі 14095A-SSYX встановлено два різьбових гвинта приводу. Також для підвищення зносостійкості та збільшення терміну експлуатації в машині встановлене автоматичне змащення гвинтового приводу просування шаблону.

Електрошпуленамотувач в шаблоному автоматі. За рахунок своєї конструкції та для зручності оператора в машині BRUCE BRC-14095A-SSYX-F13 встановлено зовнішній електрошпуленамотувач, який працює незалежно від швейної машини. Кріпиться цей пристрій в зручному для оператора місці в передній частині машини.

Автоматична система змащення швейної машини. Конструктивно в робочому місці передбачене центральне автоматичне змащення швейної машини. Контроль рівня мастила відбувається за рахунок віконечка, яке знаходиться в передній частині машини

під робочим столом. Мастило заливається в отвір під знімною пластиною біля голкової зони.

Конвертер формату шаблону. Для того що б не змінювати програму розробки шаблонів, разом з швейним автоматом поставляється конвертер шаблонів, який працює з усіма розповсюдженими форматами, та конвертує без втрати точності шаблону.

Програмована машина циклічного шиття BRUCE BRC-F9000-SS-F13-X.

Програмована машина циклічного шиття з поворотною головкою представлена на рис.4 [1].



Рис.4. Програмована машина циклічного шиття з поворотною головкою BRUCE BRC-F9000-SS-F13-X

Завдяки ексклюзивному налаштованому алгоритму замкнутого циклу досягнуто точної синхронізації голки-човника. Величина відхилення кожного стібка зберігається в межах 8/100000 секунди.

Для запобіганню витоку мастила та досягненню стабільної високої швидкості шиття використано авіаційний композитний матеріал, а головка має сухий тип.

Програмована машина циклічного стібка BRC-F9000-SS-F13-X отримала пласку систему обрізки нитки з приводом від двигуна. Завдяки цьому покращена стабільність роботи вузла. Після обрізки нитка шпулі затискається, що запобігає її висмикуванні на початку процесу шиття.

Рама для програмованої машини була спроектована з використанням технології комп'ютерного моделювання автомобільного рівня. Це забезпечило високу жорсткість конструкції для стабільної роботи обладнання.

Програмовані шаблонні автомати працюють на високих швидкостях довгий час. У зв'язку з цим голка перегрівається, що призводить до обриву нитки та нестабільної якості стібків. Циклічний швейний автомат BRUCE BRC-F9000-SS-F13-X обладнаний пневматичною системою охолодження голки.

Зазначена машина оснащена сучасною системою розпізнання шаблону RFID, як і в машині циклічного шиття BRUCE BRC-14095A-SSYX-F13.

Циклічні машини використовують для роботи з прокладання величезної кількості стібків для яких потрібно відповідна кількість ниток. Тому одним з обмежуючих факторів безперервної роботи машини є кількість нитки на шпульці. Проконтролювати її кількість в процесі шиття досить складно, а її раптове закінчення посеред шиття створює незручності та затримує процес. Щоб уникнути таких проблем в машині BRUCE BRC-F9000-SS-F13-X встановлена запатентована система зчитування закінчення шпульної нитки. Перед закінченням шпульної нитки машина зупиняється та сигналізує оператору про необхідність заміни шпулі.

Програмована машина циклічного шиття BRUCE F5000-F11AF13F25-X.

Це обладнання представляє собою циклічний швейний автомат з робочим полем 800х350 мм та лазером (рис.5) [1].



Рис.5. Програмована машина циклічного шиття BRUCE F5000-F11AF13F25-X

Шаблонний швейний автомат BRUCE F5000-F11AF13F25-X обладнаний лазером для прорізання тканини потужністю 100 Вт. Такої потужності лазера достатньо для роботи з будь якою висотою настилу та щільністю матеріалів.

Відстань між точкою різу лазеру та голкою складає лише 150 мм. А тому чим ближче точка різу до голки тим вище коефіцієнт використання діапазону шиття і тим більший розмір малюнку можна опрацьовувати.

Максимальний розмір робочого поля лазеру складає 650х350 мм. Обладнання підтримує велику кількість програм.

Автоматичне розпізнавання шаблону здійснюється так само як і в машині циклічного шиття BRUCE BRC-14095A-SSYX-F13.

Автомат оснащений датчиком закінчення нижньої нитки та пневматичною системою охолодження голки.

Промисловий швейний автомат для виготовлення прорізних кишень GML216-K-ZSH(308).

Автоматична швейна машина призначена для пошиття прорізних кишень всіх видів: з листочкою, з рамочкою, прямі, косі. Машина використовується для пошиття прорізних кишень в пальто, куртках, піджаках, брюках, а також в трикотажних кофтах, та на інших виробах (рис.6) [1].

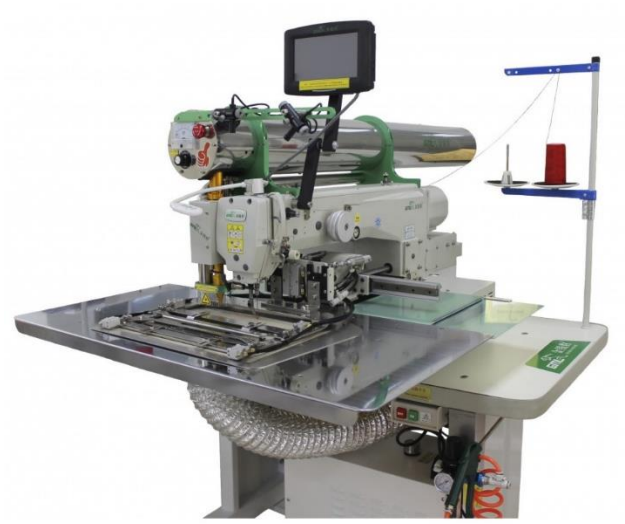


Рис.6. Промисловий швейний автомат для виготовлення прорізних кишень GML216-K-ZSH(308)

Автомат для виготовлення кишень GML216-K-ZSH(308) виготовлений на базі циклічної швейної машини зі спеціалізованим формувачем кишень. Даний тип формувача дозволяє працювати з великим асортиментом матеріалів, від текстильних матеріалів, які не мають розтягу, та до трикотажних зі значним степенем розтягування.

Формувач працює в автоматичному режимі, елементи приводятся в рух за допомогою пневматики.

Автомат обладнаний 100 Вт лазером, який здійснює прорізання кишені. Завдяки лазерній прорізці тканини виключається затяжка, або зміщення матеріалів як при роботі з ножем в класичному автоматі для виготовлення кишень.

Сенсорний пульт керування значно спрощує процес переналаштування швейного автомата. Спеціалізоване програмне забезпечення вузько направлене на роботу з різними видами прорізних кишень.

Існують інші моделі програмованих машин циклічного шиття різних фірм виробників.

Висновок

Машини для циклічного шиття відіграють важливу роль у легкій промисловості, забезпечуючи якісне та ефективне виробництво готових виробів. Розумний вибір таких машин та їх правильна експлуатація можуть значно покращити продуктивність та якість виробництва на підприємстві.

Література

1. Автоматичні машини шаблонного шиття [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://sm-ua.com/programovan-mashini-ciklchnogo-shittya.

ROZWÓJ ODZIEŻY ADAPTACYJNEJ

Krasniuk L., Troyan O., Luschevska O., Bukhantsova L.
Chmielnicki Uniwersytet Narodowy, Ukraina

Streszczenie. W ostatnich latach obserwuje się rosnący zainteresowanie producentów w kierunku projektowania odzieży adaptacyjnej, która jest dostosowaną do potrzeb osób niepełnosprawnych. Odzież adaptacyjna – to rodzaj odzieży która jest tak zaprojektowaną, aby zapewnić komfort, mobilność i niezależność osobom niepełnosprawnym, chorym i osobom starszym.
Osoby niepełnosprawne często borykają się z trudnościami związanymi z samodzielnym ubieraniu się, dyskomfortem podczas zabiegów medycznych wymagających dostępu do części ciała oraz dyskomfortem podczas noszenia urządzeń medycznych. Odzież adaptacyjna pomaga w rozwiązaniu takich problemów, zapewniając wygodniejsze ubieranie i łatwy dostęp do urządzeń medycznych.
Odzież adaptacyjna to odzież zaprojektowana specjalnie w celu zapewnienia różnych potrzeb osób niepełnosprawnych, chorych, starszych i mających problemy z poruszaniem się. Odzież ta zawiera innowacyjne rozwiązania i elementy funkcjonalne, które upraszczają procedurę ubierania się i mogą zapewnić łatwy dostęp do urządzeń medycznych i usług medycznych.
W przeciwieństwie do zwykłego ubrania, odzież adaptacyjna bierze pod uwagę różne kształty ciała i indywidualne cechy konsumentów. Odzież adaptacyjna często posiada regulowane elementy, takie jak rzepy, elastyczne paski i regulowane zapięcia. To umożliwia indywidualne dopasowanie do różnych kształtów i rozmiarów ciała, tworząc w ten sposób adaptacyjny projekt, który spełnia szeroki zakres potrzeb osób niepełnosprawnych.
Odzież adaptacyjna często zamienia tradycyjne guziki i taśmy błyskawiczne na zapięcia magnetyczne, rzepy lub inne elementy, które można łatwo zapiąć. Ułatwia to ubieranie się osobom niepełnosprawnym. Oprócz tego we współczesnej odzieży adaptacyjnej zastosowane materiały, które zapewniają wysoki poziom funkcjonalności i komfortu sensorycznego. Takie materiały jak bawełna, spandex i dżersej zapewniają elastyczność i swobodę ruchów, dzięki czemu są idealne dla osób niepełnosprawnych. Nie są używane standardowe metki z tyłu na dekolcie, aby zminimalizować podrażnienia skóry.
Wraz z funkcjonalnością, projektanci coraz częściej koncentrują się na tworzeniu stylowych, modnych ubrań, promując integrację w branży modowej. Wśród liderów w dziedzinie mody adaptacyjnej, oferującym modną i funkcjonalną odzież dla osób poruszających się na wózkach i innych osób niepełnosprawnych są znane marki modowe IZ Adaptive, Tommy Hilfiger Adaptive, Nike.
Obecnie odzież adaptacyjna to nie tylko pojedynczy produkt lub element garderoby, ale także krok w kierunku uniwersalnego projektowania w branży modowej. Moda adaptacyjna zmienia sposób, w jaki patrzymy na estetykę, styl i funkcjonalność odzieży, zmieniając sposób myślenia o odzieży jako źródle wsparcia dla wszystkich. Jednym z celów projektowania uniwersalnego jest tworzenie produktów dla wszystkich, w tym dla osób niepełnosprawnych. Konsumenci coraz częściej preferują markom, które dają poczucie pewności siebie w swoich ubraniach, firmy odzieżowe są zmotywowane do tworzenia adaptacyjnych projektów, które wspierają osób niepełnosprawnych.
Słowa kluczowe: ubrania adaptacyjne**,** moda adaptacyjna, osoby niepełnosprawne, innowacyjne technologie, funkcjonalność.

Wprowadzenie

W ostatnich latach obserwuje się rosnący zainteresowanie producentów w kierunku projektowania odzieży adaptacyjnej, która jest dostosowaną do potrzeb osób niepełnosprawnych. Odzież adaptacyjna – to rodzaj odzieży która jest tak zaprojektowaną, aby zapełnić komfort, mobilność i niezależność osobom niepełnosprawnym, chorym i osobom starszym.

Teraz światowa populacja ludzi, zwłaszcza w państwach rozwiniętych, szybko się starzeje. Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) [1] obecnie na świecie żyje 1,3 miliarda ludzi i około 16 % populacji cierpi na jakąś formę niepełnosprawności. Przewiduje się, że liczba ta wzrośnie w nadchodzących latach ze względu na takie czynniki, jak starzenie się społeczeństwa i rosnące rozpowszechnienie chorób niezakaźnych. Przewiduje się, że w

2030 r. jedna z sześciu osób na świecie będzie miała ponad 60 lat. W tym czasie odsetek ludności w wieku 60 lat i więcej wzrośnie z 1 miliarda (w 2020 r.) do 1,4 miliarda. Do 2050 r. światowa populacja osób w wieku 60 lat i starszych podwoi się (2,1 mld). Oczekuje się, że liczba osób w wieku 80 lat i starszych potroi się do 426 milionów w latach 2020-2050.

Osoby niepełnosprawne często borykają się z trudnościami związanymi z samodzielnym ubieraniu się, dyskomfortem podczas zabiegów medycznych wymagających dostępu do części ciała oraz dyskomfortem podczas noszenia urządzeń medycznych. Odzież adaptacyjna pomaga w rozwiązaniu takich problemów, zapewniając wygodniejsze ubieranie i łatwy dostęp do urządzeń medycznych.

Jedną z istotnych zalet odzieży adaptacyjnej jest to, że ona pozwala osobom niepełnosprawnym zachowywać niezależność i nie prosić o pomocy w ubieraniu się. Odzież adaptacyjna pomagają rozwiązać szereg fizycznych i psychologicznych problemów, z którymi borykają się osoby niepełnosprawne, takich jak ból, dyskomfort i wstyd.

Odzież dla osób niepełnosprawnych istnieje od dawna, jednak w przeszłości osoby niepełnosprawne zamawiali ją na miarę u krawcowej lub przerabiali swoje ubrania, aby one bardziej odpowiadały osobliwym potrzebom. Połowa XX wieku była znaczącym punktem zwrotnym dla odzieży adaptacyjnej. Druga wojna światowa wywołała zainteresowanie potrzebami rannych wojskowych, co pobudziło innowacje w projektowaniu ubrań. Funkcje adaptacyjne, takie jak zapięcia na rzepy i regulowane paski w talii zyskały popularność zapewniając zarówno jak funkcjonalność tak i wygodę osobom niepełnosprawnym. Chociaż idea tworzenia ubrań dla osób niepełnosprawnych ma głębokie korzenie historyczne, termin "moda adaptacyjna" jest stosunkowo nowy. Termin ten został wynaleziony i zyskał popularność w latach 80 tych XX wieku, kiedy branża modowa zaczęła dostrzegać wyjątkowe potrzeby różnorodnych społeczności.

Dopiero w latach 80 tych pojawiła się odzież adaptacyjna, która spełniała potrzeby konsumentów i posiadała modne detale. W tym czasie odzież adaptacyjna była rzadkością i skupiała się głównie na funkcjonalności. Estetyczny wygląd odzieży często był zignorowany, aby zaspokoić specyficzne potrzeby osób niepełnosprawnych.A w latach 90 tych znane firmy światowe zaczęły produkować odzież dla osób niepełnosprawnych [2].

W XXI wieku innowacyjne technologie i moda połączyły się, tworząc swego rodzaju rewolucję w projektowaniu odzieży adaptacyjnej. Do odzieży adaptacyjnej wprowadzono innowacje, takie jak zapięcia magnetyczne, komfortowe tkaniny i akcesoria wydrukowane na 3D drukarce. Postępy te nie tylko ulepszyły funkcjonalność, ale także przyczyniły się do estetycznego wyglądu odzieży adaptacyjnej [2].

Obecnie odzież adaptacyjna rozszerza swoje możliwości, pozwalając osobom niepełnosprawnym o różnych potrzebach wyrazić swój indywidualny styl, jednocześnie rozwiązując praktyczne problemy, z którymi oni mogą się spotkać w życiu codziennym. Połączenie mody i funkcjonalności jest podstawą stworzenia nowoczesnej odzieży adaptacyjnej, która nie tylko wygląda stylowo, ale także ułatwia życie. Nowoczesne technologie przeniosły koncepcję odzieży adaptacyjnej na nowy poziom, nadając priorytet nie tylko wygodzie, ale także najnowszym trendom w projektowaniu ubioru [2].

Nowoczesna odzież adaptacyjna jest stworzona z myślą o specjalnych potrzebach osób niepełnosprawnych. Odzież taka różni się od zwykłej odzieży, wykorzystuje przemyślane elementy funkcjonalne, które zapewniają takie funkcje adaptacyjne jak wygoda, łatwość ubierania, dostępność elementów takich jak kieszenie, zapięcia itp. [3]. Jednocześnie jedną z głównych zasad projektowania odzieży adaptacyjnej jest proste i intuicyjne użytkowanie. To znaczy, że korzystanie z określonych funkcji odzieży adaptacyjnej powinno być łatwe do zrozumienia, niezależnie od doświadczenia użytkownika, jego wiedzy, umiejętności językowych lub poziomu koncentracji.

Teraz producenci starają się uwzględniać różne potrzeby w zakresie odzieży adaptacyjnej, aby zadowolić potrzeby osób z różnymi rodzajami chorób, kontuzjami i różnymi poziomami niepełnosprawności fizycznej. Dlatego znane marki odzieżowe oferują konsumentom ubrania adaptacyjne z różnymi elementami konstrukcyjnymi i technologicznymi [2, 3]. Biorąc pod uwagę różne właściwości funkcjonalne odzieży adaptacyjnej, które mogą być wymagane użytkownikami w szpitalach lub w życiu codziennym, a także biorąc pod uwagę postęp w rozwoju materiałów, technologii i technik projektowania, autorzy sformułowali charakterystyczne cechy nowoczesnej odzieży adaptacyjnej.

Pierwszą główną cechą nowoczesnej odzieży adaptacyjnej są łatwe w użyciu zapięcia z niskiej siłą chwytu [2, 3]. Różne kontuzji i choroby znacząco wpływają na siłę mięśni rąk i umiejętności motoryczne związane z ograniczonymi ruchami ramion, nadgarstków i palców. To utrudnia osobom z kontuzjami kończyn manipulowanie zapięciami, takimi jak taśma błyskawiczna czy guziki. Zastąpienie tradycyjnych zapięć zapięciami magnetycznymi, rzepami i innymi urządzeniami nie tylko upraszcza proces ubierania i rozbierania, ale także zwiększa komfort i niezależność osoby [4]. Aby umożliwić niepełnosprawnym użytkownikom łatwe zakładanie i zdejmowanie ubrań, zapięcia powinny być rozmieszczone wzdłuż łuku, do którego można szybko i bez wysiłku sięgnąć ręką (rys. 1). Korzystanie z taśmy błyskawicznej nie powinno wymagać dużej koncentracji ani wysiłku. Jeżeli guzik lub suwak taśmy błyskawicznej są małe i śliskie, może być trudny do uchwycenia i manipulowania przez osoby z urazami rąk. Niektóre rzepy wymagają pewnej siły do manipulacji ze względu na ich zwiększoną sztywność i mogą być trudne w użyciu dla osób z urazami rąk lub osób starszych.

Inną ważną cechą współczesnej odzieży adaptacyjnej jest obecność regulowanych rozcięć. Tradycyjne otwory w odzieży o zwykłym rozmiarze i kształcie (np. dekolt, otwory rękawów) mogą stanowić problem dla osób o ograniczonej sprawności ruchowej. Ponieważ ruchy związane z ubieraniem się wymagają pewnej umiejętności utrzymywania równowagi, koncentracji i wysiłku. Dlatego znane marki modowe produkują ubrania z różnego rodzaju rozcięciami które można regulować [5].

Zapięcia na rzepy lub taśma błyskawiczna umożliwiają łatwą zmianę rozmiaru rozcięc. Dodawanie rozcięć i dodatkowych zapięć w miejscach nietradycyjnych (np. rozcięcia z zapięciami na obu ramionach) może zapewnić większą amplitudę ruchu osobom niepełnosprawnym [5] (rys. 1). Wspólnie z zapięciami w ubraniu adaptacyjnym często wykorzystuje się regulowane paski i sznurki, aby umożliwić osobie niepełnosprawnej dostosowanie kształtu i rozmiaru odzieży do kształtu i rozmiaru sylwetki. Te paski i sznurki można łatwo regulować, aby zapewnić bezpieczne i wygodne dopasowanie ubrania.



Rys. 1. Funkcjonalne rozwiązania odzieży adaptacyjnej

Ponadto specjalne rozcięcia w odzieży pozwalają zapewnić dostęp do ciała pod czas nadania usług medycznych (zastrzyki, bandaże, wymiana cewnika, masaże, elektroprocedury itp.) zapewniając, żeby osoba z potrzebami medycznymi mogła to zrobić z łatwością [6].

Trzecią główną cechą współczesnej odzieży adaptacyjnej jest zastosowanie materiałów, które zapewniają wysoki poziom funkcjonalności i komfortu sensorycznego. Takie materiały jak bawełna, spandex i dżersej zapewniają elastyczność i swobodę ruchów, dzięki czemu są idealne dla osób niepełnosprawnych. Te materiały są zaprojektowane tak, aby wytrzymać częste pranie i intensywne zużycie spowodowane kontaktem z protezami i urządzeniami medycznymi potrzebnymi do leczenia niepełnosprawnych pacjentów z urazami [6].

Wybierając materiał, należy preferować do materiałów o skladzie naturalnym (bawełna, len, liocel) albo ich mieszankę włóknami poliestrowymi. Wtedy odzież nie będzie wymagała prasowania i będzie miała małe skurczenie. Niektóre marki odzieży adaptacyjnej koncentrują się również na komforcie sensorycznym. Ubrania dostępne obecnie na rynku są zazwyczaj wykonane z miękkich i elastycznych materiałów, które zapewniają komfort sensoryczny. W takich ubraniach wykorzystują się płaskie szwy. Nie są używane standardowe metki z tyłu na dekolcie, aby zminimalizować podrażnienia skóry. Tego typu odzież jest przeznaczona przede wszystkim dla osób, które muszą leżeć w łóżku lub siedzieć wózku inwalidzkim długi czas, a także dla osób z problemami sensorycznymi, które są wrażliwe na pewne tekstury tkanin. Ponadto zapewnienie komfortu sensorycznego wymaga wyeliminowania tylnych kieszeni, wystających akcesoriów (guziki, przyciski, klamry itp.) i sztywnych tkanin, które mogą prowadzić do odleżyn, co może powodować poważne problemy zdrowotne. Prawdziwie rewolucyjnym odkryciem są spodnie Game Changer bez środkowego szwa dla osób poruszających się na wózkach inwalidzkich, opatentowane przez IZ Adaptive [7].

Oprócz wyżej wymienionych cech funkcjonalnych, nowoczesna odzież adaptacyjna wyróżnia się stylowym wyglądem, który pozwala podkreślić indywidualność konsumenta i reprezentować markę. Współcześni projektanci aktywnie pracują nad tworzeniem odzieży adaptacyjnej, która przełamuje tradycyjne wyobrażenie o tym, jak powinny wyglądać ubrania

dla osób niepełnosprawnych. Wiele znanych marek, takich jak IZ Adaptive, Tommy Hilfiger Adaptive, Zappos Adaptive i inne, oferuje kolekcje odzieży, które spełniają specjalne potrzeby i preferencje osób niepełnosprawnych [2, 3, 7-9].

Koncentrują się na specyficznych potrzebach osób niepełnosprawnych, na funkcjach, które upraszczają proces ubierania się i zapewniają wyższy poziom komfortu przez cały dzień. W ten sposób marki te wypełniają różnicę między modą a funkcjonalnością, gwarantując, że każdy ma możliwość wyrażania siebie i swojej indywidualności, niezależnie od ograniczeń fizycznych.

IZ Adaptive jest liderem w dziedzinie mody adaptacyjnej, oferującym modną i funkcjonalną odzież zaprojektowaną specjalnie dla osób poruszających się na wózkach inwalidzkich i innych osób niepełnosprawnych. Założona w 2009 roku firma IZ Adaptive znajduje się w czołówce branży, proponując klasyczne ubrania ze specjalnymi funkcjami, które zapewniają komfort i pewność siebie tym osobom, którzy najbardziej tego potrzebują [2, 7].

Tommy Hilfiger Adaptive opiera się na styl kultowej amerykańskiej marki i uzupełnia go innowacyjnymi funkcjami adaptacyjnymi (rys. 2). Oferując propozycje dla niepełnosprawnych mężczyzn, kobiet i dzieci, Tommy Hilfiger Adaptive tworzy stylową i funkcjonalną odzież, która jest doskonałą kombinacją mody i wygody [8].



Rys. 2. Odzież adaptacyjna marki Tommy Hilfiger Adaptive

Zappos Adaptive obejmuje szeroką paletę obuwia i odzieży dostosowanej do różnych potrzeb i upodobań. Znany ze swojego zróżnicowanego asortymentu, Zappos Adaptive oferuje szeroką gamę stylowego i funkcjonalnego obuwia, odzieży i akcesoriów, aby ułatwić życie i stworzyć bardziej komfortowe warunki dla osób niepełnosprawnych [2].

W 2021 r. firma Nike wyprodukowała pierwsze markowe sneakersy Go FlyEase bez sznurówek, które można zakładać i zdejmować bez pomocy rąk [9]. Chociaż buty Go FlyEase są uważane za adaptacyjne, nie są one przeznaczone specjalnie dla osób niepełnosprawnych. Na przykład, w komunikacie prasowym Nike na temat butów, słowa "niepełnosprawność" lub "niepełnosprawny" nie są wspomniane, a słowo "adaptacyjny" jest użyte tylko raz. Można to zrozumieć jako fakt, że nowe buty są uniwersalne i przeznaczone dla jak największej liczby osób (rys. 3). Dlatego jednym z celów projektowania uniwersalnego jest tworzenie produktów dla wszystkich, w tym dla osób niepełnosprawnych [9].



Rys. 3. Sneakersy Nike Go FlyEase

Ponieważ konsumenci coraz częściej preferują markom, które dają poczucie pewności siebie w swoich ubraniach, firmy odzieżowe są zmotywowane do tworzenia adaptacyjnych projektów, które wspierają osób niepełnosprawnych.

Wzrost ludności geriatrycznej wraz ze wzrostem niepełnosprawności wśród ludzi są kluczowymi czynnikami rozwoju rynku odzieży adaptacyjnej. Dziś rynek odzieży adaptacyjnej jest uważany za stosunkowo nowy, ale szybko rozwijające się rynkiem, a magazyn Forbes szacuje, że do 2026 roku będzie on osiągał około 400 miliardów dolarów [10]. Ogólnie rynek odzieży adaptacyjnej jest gotowy do dalszej ekspansji w nadchodzących latach ze względu na rosnące zapotrzebowanie na innowacyjne produkty, a także powszechne wdrażanie technologii.

Wnioski.

Odzież adaptacyjna to odzież zaprojektowana specjalnie w celu zapewnienia różnych potrzeb osób niepełnosprawnych, chorych, starszych i mających problemy z poruszaniem się. Odzież ta zawiera innowacyjne rozwiązania i elementy funkcjonalne, które upraszczają procedurę ubierania się i mogą zapewnić łatwy dostęp do urządzeń medycznych i usług medycznych.

W przeciwieństwie do zwykłego ubrania, odzież adaptacyjna bierze pod uwagę różne kształty ciała i indywidualne cechy konsumentów. Odzież adaptacyjna często posiada regulowane elementy, takie jak rzepy, elastyczne paski i regulowane zapięcia. To umożliwia indywidualne dopasowanie do różnych kształtów i rozmiarów ciała, tworząc w ten sposób adaptacyjny projekt, który spełnia szeroki zakres potrzeb osób niepełnosprawnych.

Odzież adaptacyjna często zamienia tradycyjne guziki i taśmy błyskawiczne na zapięcia magnetyczne, rzepy lub inne elementy, które można łatwo zapiąć. Ułatwia to ubieranie się osobom niepełnosprawnym.

Wraz z funkcjonalnością, projektanci coraz częściej koncentrują się na tworzeniu stylowych, modnych ubrań, promując integrację w branży modowej.

Obecnie odzież adaptacyjna to nie tylko pojedynczy produkt lub element garderoby, ale także krok w kierunku uniwersalnego projektowania w branży modowej. Moda adaptacyjna zmienia sposób, w jaki patrzymy na estetykę, styl i funkcjonalność odzieży, zmieniając sposób myślenia o odzieży jako źródle wsparcia dla wszystkich.

Bibliografia

1. Ageing and health. World Health Orzanization: website. URL: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health (Ostatni dostęp: 8.03.2024)
2. Carbo D. What is Adaptive Clothing? A Guide for People with Disabilities. CAREGIVER RELIEF: website. URL: https://www.caregiverrelief.com/what-is-adaptive-clothing-a-guide-for-people-with-disabilities/ (Ostatni dostęp: 10.03.2024).

3. The rise of adaptive clothing: embracing inclusivity in fashion. APPAREL RESOURCES: website. URL: https://apparelresources.com/business-news/retail/rise-adaptive-clothing-embracing-inclusivity-fashion/ (Ostatni dostęp: 10.03.2024).
4. Остапенко Н. В., Колосніченко О. В., Очеретна Л. В., Токар Г. М., Рубанка А. І., Мамченко Я. О. Адаптивні текстильні вироби: засоби з'єднання та їх особливості. Art and design. 2021. №4(16). С. 53–65. https://doi.org/10.30857/2617-0272.2021.4.5
5. Колосніченко О. В., Пашкевич К. Л., Остапенко Н. В., Люклян Н. Р., Колосніченко М. В. Проєктування функціонального одягу для пацієнтів лікарень із врахуванням умов його експлуатації. Art and design. 2022. №3(19). С. 72–87. https://doi.org/10.30857/2617-0272.2022.3.6
6. Супрун Н. П. Основні аспекти розробки сучасного шпитального одягу. Вісник КНУТД. 2017. №4(112). С. 124-129. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/7303/1/V112_P124-129.pdf
7. The Leader In Fashion Inclusivity. IZ ADAPTIVE: website. URL: https://izadaptive.com/pages/the-iz-game-changer-collection%E2%84%A2 (Ostatni dostęp: 12.03.2024).
8. Tommy Hilfiger's adaptive clothing line offers more choices for people with MS and other disabilities. TODAY: website. URL: https://www.today.com/health/health/tommy-hilfigers-adaptive-clothing-line-offers-ease-fashion-clothes-dis-rcna29616 (Ostatni dostęp: 11.03.2024).
9. What Nike's First Hands-Free Shoe Means for the Disability Community. VERYWELL HEALTH: website. URL: https://www.verywellhealth.com/nike-hands-free-shoe-disability-community-5112739 (Ostatni dostęp: 12.03.2024).
10. Gus Alexiou. Why Top Brands Should Rethink Adaptive Fashion And Take It Seriously. FORBES: website. URL: https://www.forbes.com/sites/gusalexiou/2022/11/18/why-top-brands-should-rethink-adaptive-fashion-and-take-it-seriously/?sh=488c22ac6df7 (Ostatni dostęp: 12.03.2024).

IMPROVING THE METHOD OF USING PERFORMANCE METRICS TO OPTIMIZE IT PROJECT MANAGEMENT PROCESS

Kravchuk O., Synyuk O., Kravchuk A.
Khmelnytsky National University, Ukraine

Abstract. The article focuses on theoretical and practical aspects of resource management in the context of IT projects. Special attention is paid to the multi-level method of resource management, which includes an integrated approach to planning, allocation and control of resources. The application of this method is demonstrated on the example of a specific IT project. Overall, the results of the study showed that the tiered resource management method is an effective approach that helps optimize resource allocation, reduce project lead times, and increase team satisfaction. In a general context, this study demonstrates the importance of resource management in IT projects and emphasizes the potential of a tiered approach to improve the efficiency and productivity of such projects. A tiered method of resource management can be an important tool for teams looking to optimize their resources and achieve better results.
Keywords: resource management, IT projects, multi-level method, resource planning, resource control, performance metrics.

Introduction

In today's technology-driven world, effective IT project management is crucial for businesses to remain competitive. Proper planning, coordination, and execution are essential to ensure successful project outcomes [1]. Resource management is one of the key aspects of successful IT project execution. In IT projects, resources are defined as human resources (project team), time, finance, technology, infrastructure, software, and other tangible or intangible assets used to complete the project. However, the multiple challenges associated with this process can lead to budget overruns, missed deadlines, or unsuccessful project outcomes. IT project management is a vast and dynamic field that requires constant development and adaptation to change. Research in this area covers a wide range of topics and approaches. The main areas that have defined our work include Agile Project Management, risk management in IT projects, and the use of a multi-level approach to resource management. Modern Agile Project Management methods have received considerable attention in the scientific literature [2]. These methods are defined by their flexibility and ability to adapt to rapid changes, which is critical for successful IT project management.

The main problems of resource management in IT projects include, but are not limited to, insufficient planning and forecasting, shortcomings in coordination, lack of flexibility, insufficient monitoring and control. Thus , the lack of adequate planning and forecasting of resources can lead to inefficient use of resources and an overall lack of resources. Project managers may face challenges in coordinating resources between different teams and departments, which can lead to conflicts and delays. In many organizations, resources are allocated based on rigid plans and schedules, which makes it impossible to adapt to changes in the project. Without adequate monitoring and control over resource utilization, it is difficult to identify and correct problems at an early stage.

Resource management in IT projects is a complex process that requires a high level of coordination, planning, and control. Traditional resource management methods are often not flexible and adaptive enough to the rapidly changing project environment, which can lead to unproductive use of resources, delays, or failures. A layered approach to resource management in IT projects offers a solution to these problems. This approach involves considering resource management at different levels, allowing for more efficient coordination and allocation of resources based on current project needs.

At the highest level, resource management, strategic planning, and resource allocation are performed with the overall goals and strategies of the organization in mind. This helps ensure that resources are used effectively within the broader business objectives. The second level focuses on the operational management of resources within specific projects. This includes allocating resources to different teams, managing resource conflicts, and flexibly reallocating resources in response to changes in the project. The third level includes tactical resource management at the level of individual tasks or activities. This helps to ensure that resources are used appropriately and that individual tasks are completed on time and efficiently.

By using a tiered approach to resource management, organizations can provide greater flexibility and adaptability in response to project changes, improve resource coordination and planning, and improve overall resource management performance in IT projects [2].

Presentation of the main material

Human resources are the personnel involved in a project. They can include developers, testers, analysts, project managers, and other team members. The role of human resources in IT project management cannot be overemphasized, as their skills, knowledge, and experience make the difference in project success. **Technology resources are**the hardware, software, and other technological assets needed to complete a project. They can include servers, workstations, software platforms, databases, communication and collaboration tools, and much more. As for time, time management is a critical aspect of successful project delivery. It involves planning and controlling schedules, deadlines, and managing risks that could lead to project delays.

Managing these resources requires a strategic approach that ensures their efficient use and coordination. An important part of this process is a multi-tiered approach that allows the project team to respond flexibly to changes and challenges that may arise during the project.

In the field of IT project management, there are a number of models and approaches used to effectively manage resources.

Here are some of the most common ones [3], [4], [5], [6].

PMBOK project management model: This is a standard developed by the Project Management Institute (PMI) that provides a framework for effective project management of any complexity. It includes the processes, knowledge, skills, and tools needed to successfully complete a project.

Agile methodologies (Scrum, Kanban, XP, etc.): These methodologies are aimed at iterative software development, allowing you to flexibly respond to changing requirements and quickly implement new features. They are suitable for projects where requirements may change or are not fully defined at the beginning.

Lean approaches: Lean methodologies, such as Lean Software Development, aim to maximize customer value and minimize costs. They focus on eliminating waste and optimizing processes.

DevOps: This is an approach that combines software development and operations to automate development, testing, and deployment processes. DevOps is aimed at improving the speed and efficiency of development, as well as reducing risks.

Waterfall: This is a traditional project management model where each phase of the project sequentially leads to the next. This approach is suitable for projects with clearly defined requirements where changes are expected to be minimal.

Programmatic project portfolio management (PPM): This approaches the management of the entire spectrum of projects in an organization, helping to make decisions about priorities, resources, and financial costs.

These models and approaches can be used separately or combined depending on the specific needs and characteristics of the project.

We propose a method of multi-level resource management in IT projects - a strategy for managing resources at different levels of a project. This approach is aimed at ensuring more efficient and flexible use of resources. The main principles and concepts of tiered resource management include **hierarchy, flexibility, and optimization.**

Resources are managed at different levels - from individual tasks to project teams, departments, and finally at the organization level. Each level has its own specific goals and resource management strategies. Multi-level resource management requires the ability to quickly adapt to changes in resources at different levels. This may include reallocating resources, reprioritizing, and changing plans. The central goal of tiered resource management is to optimize the use of resources at all levels. This includes maximizing productivity and efficiency, as well as minimizing costs and risks.

Using a tiered approach to resource management will allow companies to allocate and utilize their resources more efficiently, adapt to change, and achieve their goals [2].

The first step is to determine the levels at which resources will be managed. These can be individual projects, teams, departments, or the entire organization. Each level requires a different resource management strategy. For each level identified, a detailed resource management plan should be developed. This should include defining goals, priorities, resource allocation strategies, and monitoring and control methods. In the next step, resource management plans are put into practice. This may include allocating resources, training staff, setting up project management systems, and other actions. Once the plans are in place, it is important to continuously monitor and control resource utilization at every level. This includes tracking productivity, costs, resource utilization, quality of work, and other important metrics. In the final stage, the tiered resource management method requires constant adaptation and optimization. This may include reviewing and updating resource management plans, introducing new technologies or methods, improving project management processes, and changing the organizational structure. This stage is important to ensure that resources are used to their fullest potential and that project management is continuously improved.

A software development project at European Regional Agency LLC was chosen for the study. The company is a regional leader in the development and integration of business process management solutions. In recent years, the company has successfully implemented many projects for domestic and international clients in the fields of finance, telecommunications, tourism, and transportation. One of the key activities of European Regional Agency LLC is the development of software for business process automation and project management. By choosing this company for the study, we assume that it has a significant amount of experience and expertise in the field of IT project management. This gives us the opportunity to study a wide range of project management methodologies and approaches used in practice. In addition, the high level of professional qualifications of its employees allows us to expect high quality of project implementation, which is important for analyzing the company's experience [1], [2].

The application of the tiered resource management method in our particular IT project has yielded a number of significant results and important lessons for the future. First, it is an assessment of the results themselves. Second, it is an improvement in resource allocation. Third, it is a reduction in project implementation time. Fourth, it is an increase in team satisfaction. Fifth, increased productivity. Sixth, reducing inefficient use of resources.

Thus, based on the numerical estimates, it can be concluded that the tiered resource management method proved to be an effective approach in the context of this IT project. The effectiveness of this approach is confirmed by the measurements of various metrics that demonstrate improvements in resource management, reduced project lead time, increased team satisfaction, and increased project productivity.

Conclusions from this study and prospects for further development in this area

In the course of the study, the theoretical aspects of resource management were considered, a multi-level method of resource management was developed, and a specific case of its use in a practical IT project was analyzed.

Overall, the results of the study showed that the tiered resource management method is an effective approach that helps optimize resource allocation, reduce project lead times, and increase team satisfaction.

In a general context, this study demonstrates the importance of resource management in IT projects and emphasizes the potential of a tiered approach to improve the efficiency and productivity of such projects. A tiered method of resource management can be an important tool for teams looking to optimize their resources and achieve better results.

References

1. Kravchuk OA Analysis and method of applying best practices for successful risk management in IT projects / Olga Kravchuk, Denys Kravchuk / International scientific and technical journal "Measuring and computing devices in technological processes". - Khmelnytskyi, KhNU, №4 (2023). - PP. 160-164 DOI: https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-76-21.
2. Kravchuk, O. (2023). A method for using performance metrics to optimize the IT project management process. Measuring and computing devices in technological processes, (2), 28-33. Https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-74-4
3. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) – Seventh Edition. – Project Management Institute, USA, 2021
4. Martin Olson. Foundations of the scaled Agile Frameworks. Be Agile. Scale Up. Stay Lean. – 2014. – Scaled Agile, Inc.
5. Buryak E., Kravchuk O., Lobunets T.. Analysis of modern trends in the automation of the system for monitoring the effectiveness of enterprise management / Academic Visions, №17 (2023).
6. Kotelnikova Y., Kravchuk O., Kasmin D.. Software Product Management in IT Companies of Ukraine: the Role of Product Manager in the Software Development Team / Academic Visions, No. 19 (2023).

FRACTAL GRAPHICS AS AN INNOVATIVE TECHNOLOGY IN FASHION CLOTHING DESIGN

Kuleshova S., Yaskevich K.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. Today, Fractal geometry is an entirely new area of research in computer science and engineering. It has a wide range of applications. Fractals in nature are so complicated and irregular that it is hopeless to model them simply using classical geometry objects. Benoit Mandelbrot, the father of fractal geometry, from his book The Fractal Geometry of Nature, 1982.
The research is devoted to applying fractal algorithms in the fashion industry.
This paper explores various concepts of fractals i.e. fractal dimension, multiple techniques to generate fractals, their characteristics and their application in real life.
This paper first analyzes the basic principle of generating fractal art graphics and the artistic features of graphics. Then, it uses the scientific visualization method to innovate and improve the theoretical model used in this paper.
The authors' concept of program development has been improved and tested for the method of clothing design using non-linear creative sources such as fractals.
The research aims to analyze the fashionable costume's structural formation using the introductory provisions of fractal geometry.
The principles of fractal construction of the spatial structure of clothes are investigated. Community criteria of complex systems "fractal" and "suit" are found. Classification of symmetry and homology elements as the foundation of the fractal image is formed.
The method of a comprehensive study of the morphological structures of the fashion is the shapes of the female costume is obtained.
Geometric symbols of the base and derived forms of the costume are proposed.
The results of the research underlying improvement program design copyright concepts of fashion.
The layout structures of the fractal organization of the authors' collection are constructed. Determined proportional correlations have been applied in the process of designing women's clothes. The correlations were presented as signs-symbols, which became the basis for creating an artistic shape.
Examples of using fractal images as artistic expression in fashion design are presented. A fractal algorithm is visualized for designing clothing model material using special fractal filters by graphic editors. The clothing model with the design of a material in the form of fractal prints is developed and sewn out.
The experimental result shows that it is completely feasible to design clothing fabric printing patterns based on fractal theory, and the unusual artistic patterns designed have considerable practical value.
An author's collection of women's outfit ensembles entitled "Spiralisation" was made. It has been designed using ornamental compositions based on the fractals principle used in clothes trimming.
Keywords: fractal geometry, fractal, innovative technology, clothing design, computer graphics.

Introduction

Fractals are beautiful designs which can be enjoyed for their color and amazingly infinite details. Designing with fractals came into its own with the advent of the computer. Since the mid-70s, the theory of Fractal Geometry was developed by Benoit Mandelbrot, who used the word "fractal" to describe irregularly shaped objects in nature [1]. In industry, fractals are used to compress images by reducing data redundancies, creating a perfect platform for the textile design.

Fractals are mathematic equations that integrate the design process, beginning with a design created with the mathematics of fractal geometry [1].

It is proved [1-4] that the visualization of fractal algorithms has aesthetic value; this led not only to the emergence of so-called digital fractal art but also opened the way for fractals to the field of design and fashion. Fractalists create fractal drawings specifically as prints for clothes.

Modern processes of artistic design of clothing cannot be imagined without the use of information technology. Moreover, such methods are often handled utilizing fractal geometry. Several papers have been devoted to applying fractals in fashion, apparel design, and some adjunctive industries [3, 4, 8].

Fractal graphics as an innovative technology for clothing design is discussed in this paper [4]. Nonlinear creative sources such as fractals might be considered a means of designing clothing items [5-7].

Examples of using fractal images as a means of artistic expression in fashion design are well described in scientific literature such as [1-4]. Furthermore, the authors visualized the fractal algorithm used to design clothing material using graphic editors' fractal filters [6, 11-13].

Method

The study aims to apply fractal graphics as an innovative technology in fashion clothing design.

The classifier of symmetry and homology elements as the principles of constructing the fractal image is formed. Layout structures of the fractal organization of models in the clothing collection are built. Proportional correlations, which the authors determined, have been applied to the design of women's clothing. The correlations were presented in symbols, which became the basis for creating an artistic shape [5, 7].

As a result of the comparison, a set of criteria for systems "fractal" and "costume" were established and proved their commonality. The system "costume" is a complex dynamic space-time system with a high degree of detail and interrelation of parts. It is in constant motion and constantly changes its position concerning the human body. As a result, the process of shaping the costume is a cycle from simple geometric forms to forms of high degree of difficulty. The description of such forms requires a new tool, which is a fractal computer graphic [1, 3, 10, 13].

By analogy with [3, 13], to reveal the concept of fractality of the structure of adaptive systems "consumer", "suit", and "environment", three tasks were solved.

1. The fractal basis of the structural organization of component systems is defined.

2. The algorithmic basis of the structural organization of subsystems was formed.

3. The laws of structuring of subsystems and their mathematical description are determined.

To achieve the goal, the following tasks are solved:

– the matrices of fractal form-forming operations of symmetry and homology elements are formed for the development of a perspective design image of a clothing model and its design [5, 7];

– the layout structures of the fractal organization of the author's collection are constructed [8-12];

– a clothing model with a design of a material in the form of fractal prints is developed and sewn out;

– an author's collection of women's clothing ensembles under the motto "Spiralisation" was made.

– the author's concept development program has been improved and tested for the method of artistic costume design using non-linear creative sources such as fractals [12];

Following the triadic expression of the general theory of the system [1-3, 13], a geometrical regular fractal - a triangular carpet of Serpinski was chosen as the basic fractal structure of the systems. The fractal dimension always takes an intermediate value between the topological dimensions of those objects from which it is removed and to which it approaches, illustrating the Sierpinski triangle (fig. 1). The Sierpinski triangle contains the following step-by-step steps: triad → hexagram → iterations of the fractal [3, 13].

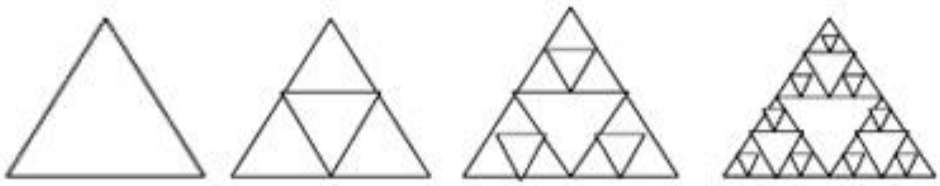
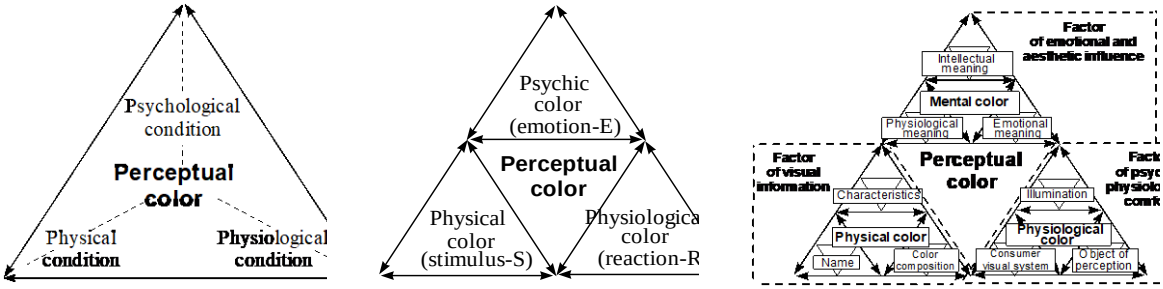


Fig. 1. The evolution of the *Sierpinski triangle*

According to [2, 3, 9, 13], the primary states of the clothing model color's formation, which illustrates phase 1 in fig. 2, there are: 1) physical state - the formation of the nature of radiation; 2) physiological state - work of the organ of vision; 3) emotional state is the work of the human mind. That is, the value of the color of the clothing model for the target consumer is formed by the unity of three aspects (phases 1, 2 in fig. 2) [13]: 1) denotative content (properties of stimulus S, objective content of color) – physical color; 2) operational content (properties of visual reaction R, physiological composition of activity) - physiological color; 3) affective-motivational content (associated reactions that are generated by the emotional state of E and are revealed in emotions, feelings, moods) - emotional-aesthetic color.



Phase 1 *Phase 2* *Phase 3*

Fig. 2. Fractal graphic model of communication in the fashion

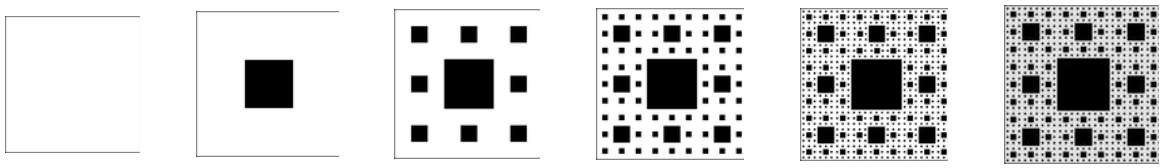
Phase 3 illustrates three groups of problems solved with the help of color: – color as a factor of visual information; – color as a factor of psychophysiological comfort; – color as a factor of emotional and aesthetic impact. Thus, the fractal structure of the color value (phases 1, 2, 3) is built according to a single recursive algorithm and meets the requirements of generality, dynamism and functionality.

Result

Fractal graphic model of communication in the fashion space

As a result of the analysis of works devoted to the research of the communicative of fashion space [4, 7, 8, 9] it is determined that it forms complex recursive interrelationships between man and fashion product.

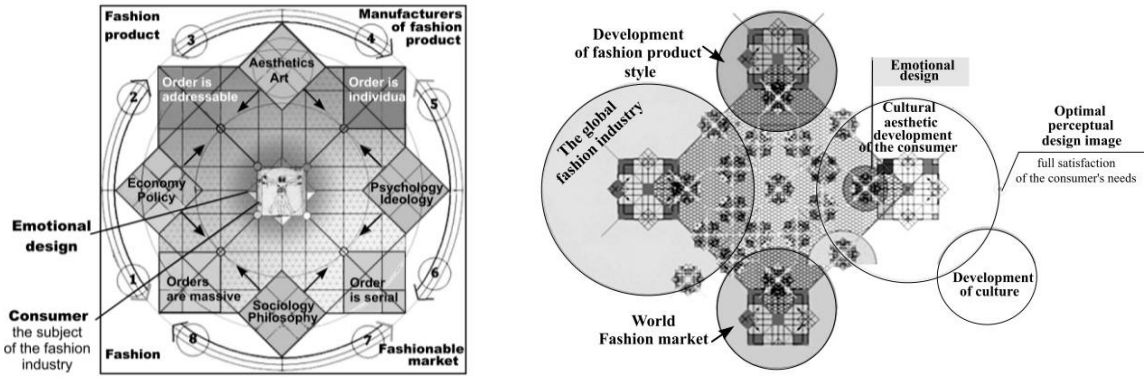
Based on studies of the history of costume and fashion [3, 4, 7-10] and taking into account the definitions of the theory and practice of synergetics and fractal graphics [1, 2, 13], it can be argued that the costume (historical, modern) as an artefact of culture becomes its fractal conceptual pattern, a symbolic referent of a particular socio-cultural paradigm or the entire culture. As a fractal basis of the graphic model, the fractal structure of the Sarpinsky square carpet is selected to examine the same processes on the micro and macro levels. The unit in the graphic model is communication, through which one or another element in the graphic model is characterized. The model's scaling and graphic interconnection are based on the proportions of the golden section.



Phase 0 *Phase 1* *Phase 2* *Phase 3* *Phase 4* *Phase 5*

Fig. 3. The Sarpinsky square carpet

The model represents the first level of interaction between the participants in creating a fashion product in the fashion industry and allows you to assess the communications between the object and subject of the fashion industry. The first level in the theory of the communicative space of fashion corresponds to microcommunication (fig. 4, a).



а *б*

Fig. 4. Fractal graphic model of communication in the fashion space:
a) the first level of interaction from the positions of microprocesses;
b) the second level of interaction from the positions of macroprocesses

Axis "aesthetics-art" - "sociology-philosophy" by its development determines the tendencies of the style formation in fashion against the backdrop of cultural development. The axis "psychology-ideology" - "economy-politics" defines the development of world politics and fashion [4, 13]. The indicated axes are the rays originating in the consumer field and determine the development of the corresponding areas of the graphic model from the centre - the consumer as the subject of the fashion industry.

At the second level of communication from the standpoint of macroprocesses [4, 13], using a graphical fractal model, it is evident that fashion development is influenced by the development of style, world politics, and the world of the fashion industry (fig. 4, b).

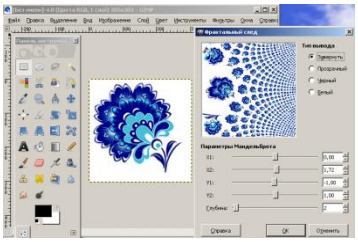
As can be seen from Fig. 4, b, the first level of the communicative model has become part of the structure of macroprocesses.

So, fashion has complex fractal dynamics: designers express their creative individuality and create fashion collections.

Fractal print

At the next stage, a fractal print was developed. Furthermore, the authors visualized the fractal algorithm to design clothing material using the fractal filters of graphic editors (table 1, fig. 5, 6).

Table 1. Fractal shaping operations for designing a clothing model print

Source of creativity	Graphic elements of construction	Fractal print construction formula			Step-by-step development in the GIMP graphic editor using a filter
		Affine compression		R_0	
		Similarity transformation		K	
		Spiral axis of similarity		L	
		$R_0 \bullet K \bullet L$			

Fractal prints were used to create the material of the clothing model (fig. 5), which was sewn as a result of the study from table 1.

Stages of graphic design of a dress model in Adobe Photoshop and a photo of an author's dress model are presented in fig. 5 [12].

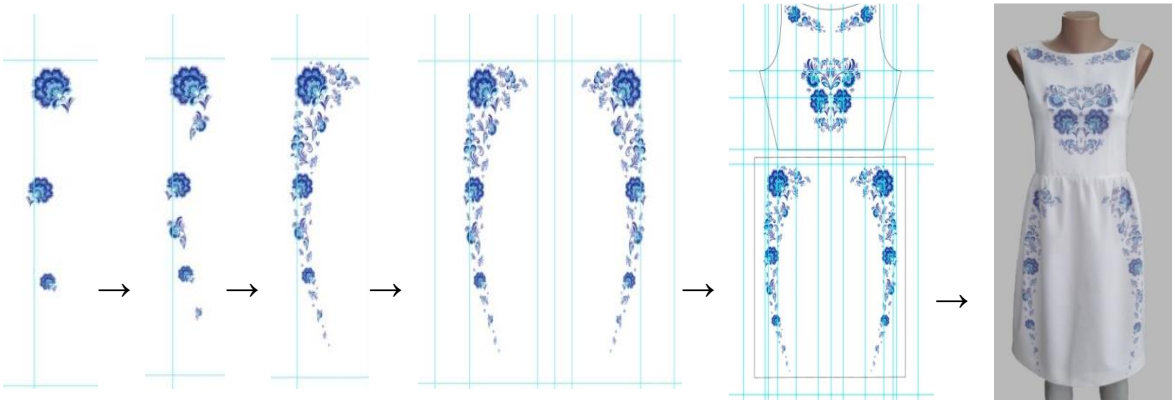
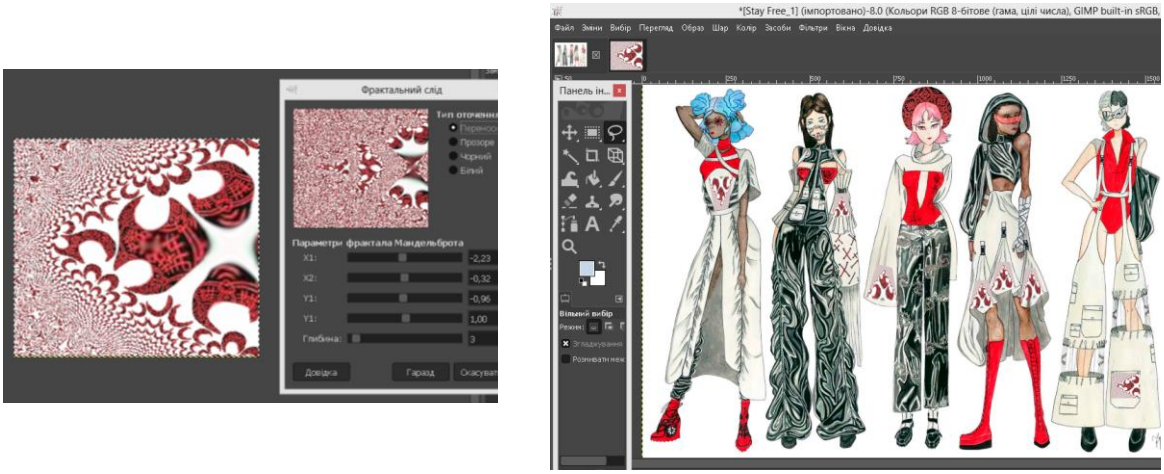


Fig. 5. The clothing model with the design of a material in the form of fractal prints

In search of their own "unique" image, fashion consumers circulate fashionable patterns (fractal patterns) at the downward levels of the fashion pyramid. Street fashion becomes a source of inspiration for designers and, accordingly, the beginning of a new iteration in the procedure for the reproduction of cultural meanings and images, fig. 6.

In modern culture, such a recursive chain of reproduction of fractal patterns of self-representation of a fashionable image of "I" turns out to be infinite,. The above provisions should be used to develop a graphic model of fractal fashion dynamics using the structure of stochastic fractals.



a *b*

Fig. 6. An example of creating sketches of street youth fashion «Stay Free»:
a) phased development of a fractal print in the GIMP graphical editor using a filter;
b) colored sketches of costumes-images of the author's collection

Fractal organization of the authors' collection

At the next stage of the study, the definition of the initial prototype of the designed system "collection" is proposed with the help of a non-linear source of creative search such as fractal. The basis of the collection development is the concept of the dialectical doctrine on the logical development of the objective world as a fractal object, in a spiral.

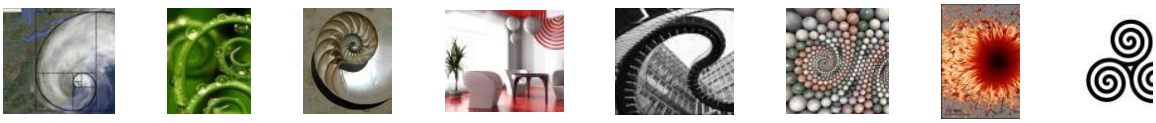
The layout structures of the fractal organization of the authors' collection are constructed. Determined proportional correlations have been applied in the process of designing women's clothes. The correlations were presented as signs-symbols, which became the basis for creating an artistic shape, table 2.

Table 2. Fractal shaping operations for designing the clothing model shape

Elements of symmetry according to the fractality classifier					
Curvilinear symmetry		Symmetry of similarity		Affine symmetry	
Twisted shape (Twisting)	$n/2$	Similarity transformation		Affine compression	0
The bent axis of homology of infinite order, left and right (Simple fold)	$+\Lambda^{<}_{\infty}$ $-\Lambda^{<}_{\infty}$	Spiral axis of similarity			
Bent axis of homology, left and right (Break)	$\pm\Lambda^{<}_{\infty}$	Propeller axis of general order	j	Affine stretch	2.3
Straight elliptical axis of homology of infinite order (Squeezing)	Λ'_{∞}				

A fractal natural shape - a spiral - is chosen as the starting point for the pre-design search of analogue forms of products to reduce the gap between projected objects and the environment of natural origin (fig. 7, a). Similar architectural fractal forms allow the designed ensembles to fit organically into the environment (fig. 7, a, b).

An author's collection of women's outfit ensembles entitled “Spiralisation” was made, (fig. 7, c).



a



b



c

Fig. 7. An example of a stage-by-stage development of costumes-images of the author's collection: a) the source of creativity: fractals in wildlife, fractals in architecture and design; b) colored sketches of costumes-images of the author's collection; c) the women's outfits collection called “Spiralisation”

The clothing model with fractal decoration

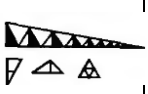
A Fractal natural crystal form was selected as an analogue form to develop the next clothing model and its trimming.

To achieve the goal, an algorithm of associative fractal formulation is compiled:

1) analysis of the fractal source of creativity;
2) construction of the structure of the fractal form;
3) spatial transformation of source elements;
4) obtaining a form-forming series.

Table 3 shows the photographic images of artificially created fractal forms in the interior design, and, along with them, the fractal trimming for the designed model of clothing made by the author, as well as a fashion model [11, 12].

Table 3. Fractal shaping operations for designing the clothing model with fractal decoration

The formula for constructing a fractal decoration of a clothing model				Photo of the designed clothing model
Affine symmetr	Affine compression		R_0	
	Affine stretching		$R_{2.3}$	
Symmetry of similarity	Similarity transformation		K	
	Spiral axis of similarity		L	

At this stage, morphological data and symmetric fractal properties of the output transform are deciphered. Different symmetry transformation groups determine the clothing model's design space based on fractal analogies [7, 12, 13]. It made it possible to carry out a geometric analysis of the structural connections of the object and establish a mechanism of communication between the elements.

Conclusion

The results of the study are:

– expansion and systematization of knowledge about the "costume" system in connection with the emergence of new concepts and approaches raised by computer civilization;

– development of non-linear associative thinking skills;

– formation of the skills of revealing and considering, in terms of fractal harmony, the stages of life of the complex system "costume".

Bibliography

1. Mandelbrot B. (1982). The Fractal Geometry of Nature. United States, W. H. Freeman and Co.
2. Grabar I. G. (2002). Thermoactivation Analysis and Synergetics of Destruction: Scientific Monograph. Zhytomyr: LIFE.
3. Chumak O. V. (2011). Entropy and fractals in data analysis. SIC "Regular and chaotic dynamics", Institute of Computer Research.
4. Nikolaeva E. V. (2013). Fractals in designer collections and socio-cultural fashion practices. Design and technology. No. 35 (77).
5. Kuleshova S. G. (2015). Development of a garment' perspective design image on the basis of fractal form-forming operations. Proceedings of International Scientific & Practical Conference «Actual Problems of the Scientific & Educational Space in Conditions of Eurointegration Process» May 14-15, 2015. Mukachevo: MSU.
6. Kuleshova S. G. (2015). Application of fractal graphics for modern design of textile materials. Proceedings of International scientific and practical conference «Modern state of light and textile industries: innovations, effectivity, sustainability» October 28-30, 2015. Kherson: KhNTU.
7. Kuleshova S. G. (2015). Prerequisites for the use of fractal graphics for structural analysis of modern costume. Herald of Khmelnytskyi national university, No. 2.
8. Kolosnichenko O. V., Baranova A. I., Prykhodko-Kononenko I. O. (2017). Design of concordant forms of modern clothes on the basis of proportional correlations of sacred geometry. Vlakna a Textil, Vol. 3.
9. Kuleshova S. G., Slavinska A. L. Zakharkevich O. V., Shvets G. S. (2017). Image clothing as a perceptual component of clothing design. Textiles, clothing, leather and technologies. Bulgaria. Vol. 3.
10. Kuleshova S. G., Slavinska A. L. (2018). Fractal algorithms in fashion design. Proceedings of International Scientific & Practical Conference «Actual problems of modern design», (Kyiv, April 20, 2018). KNUTD.
11. Dmytryshyn T. V., Kuleshova S. G. (2018). Fractal graphics as the source of creativity for the design image of the costume ensemble. Proceedings of XVII Ukrainian scientific conference of young scientists & students «Scientific developments of youth at the present stage», (Kyiv, April 26-27, 2018). V. I. Kyiv: KNUTD.

12. Kuleshova S. G., Dmytryshyn T. V., Glovatskaya O. E. (2019). Application of the fractal graphycs as an innovative technology in clothing design. Textiles, clothing, leather and technology, Vol. 2.
13. Kuleshova S. G. (2020). Development of scientific bases of technologies of customized apparel design: dis ... doctor of technical sciences. Sciences: 05.18.19. Khmelnytskyi national university.

ANALIZA RUCHU MEDUZY NA POTRZEBY IMPLEMENTACJI W PROJEKCIE SONDY BADAWCZEJ

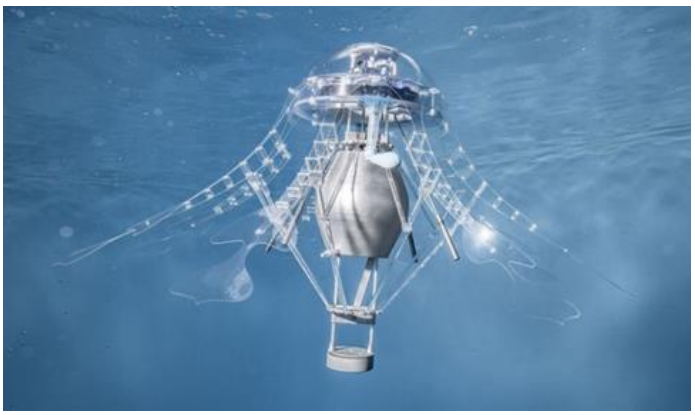
Kunicka-Kowalska Z., Melnyk N.
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Polska

Streszczenie. Artykuł opisuje kluczowy etap projektu: analizę matematyczną ruchu żywej meduzy. Pierwszym etapem była analiza ruchu żywych meduz. Do przeprowadzenia śledzenia ruchu przy użyciu oprogramowania Kinovea użyto materiału filmowego. Otrzymano w ten sposób docelowe wartości przemieszczeń punktów, jakie należy uzyskać, aby imitować ruch naturalny. Podczas pomiarów założono także symetrię osiową zwierzęcia. Zmierzono przemieszczenie w kartezjańskim układzie współrzędnych w sumie pięć punktów zlokalizowanych na promieniu dzwonu. Otrzymane współrzędne przemieszczeń poddano aproksymacji wielomianowej.
Z obserwacji wizualnej, charakteru przemieszczeń u meduzy postawiono hipotezę, że skrajne punkty to partie dzwonu poruszające się bezwładnościowo za partią poruszaną czynnie lub pod wpływem różnicy ciśnień.
Przeprowadzona analiza stanowi punkt wyjścia projektu meduzy badawczej. Kolejnym etapem prac będzie konstrukcyjne zaimplementowanie ruchu przy jednoczesnym zminimalizowaniu odstępstw od naturalnego kształtu. Prawdopodobnie najlepszym rozwiązaniem będzie przeanalizowanie i próba odtworzenia systemu mięśniowego żywej meduzy.
Słowa kluczowe: meduza badawcza, motion tracking, aproksymacja przemieszczeń.

1. WSTĘP

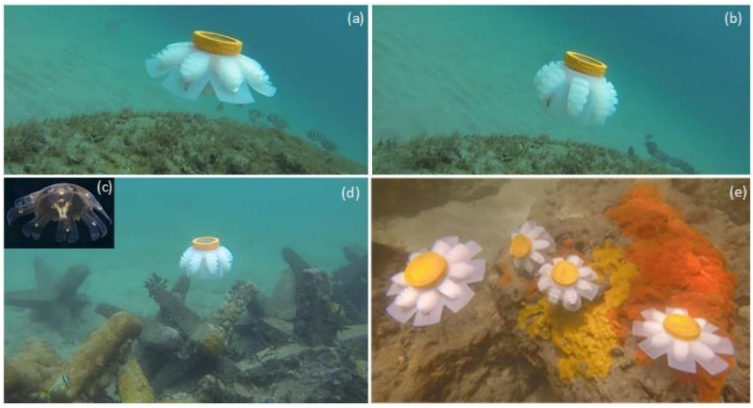
Artykuł opisuje kluczowy etap projektu meduzy badawczej, jakim jest analiza matematyczna ruchu żywej meduzy, co pozwoli na maksymalnie wierne odwzorowanie ruchu i adaptację urządzenia do warunków naturalnych. Końcowym celem projektu jest skonstruowanie meduzy sztucznej przeznaczonej do badania jakości wód słodkich stojących: badacze z Caltech wykorzystali już żywe meduzy, wyposażając je w czujniki badające jakość wody, w celu kontroli zmian klimatycznych [8].

Inne istniejące rozwiązania bazują na całkowicie sztucznych obiektach. Przykładem może być Jellyfish-Bot, który jest efektem pracy naukowców z Instytutu Systemów Inteligentnych im. Maxa Plancka (MPI-IS) w Stuttgarcie [6]. Napęd tej meduzy porusza się góra-dół na prowadnicach (patrz rys. 1). Nie jest jednak zabezpieczony przez ciałami obcymi, które mogą zakłócić pracę mechanizmu. Meduza, która jest dedykowana do badania czystości wody, nie może mieć otwartego mechanizmu napędowego, bo w takich warunkach zwiększa się ryzyko uszkodzenia głównego mechanizmu.



Rys. 1. Jellyfish-Bot z Instytutu Systemów Inteligentnych im. Maxa Plancka [6]

Jeszcze jedno rozwiązanie, które już istnieje, to robot (rys. 2.) stworzony przez zespół amerykańskich naukowców z Florida Atlantic University i Office of Naval Research [3, 4].



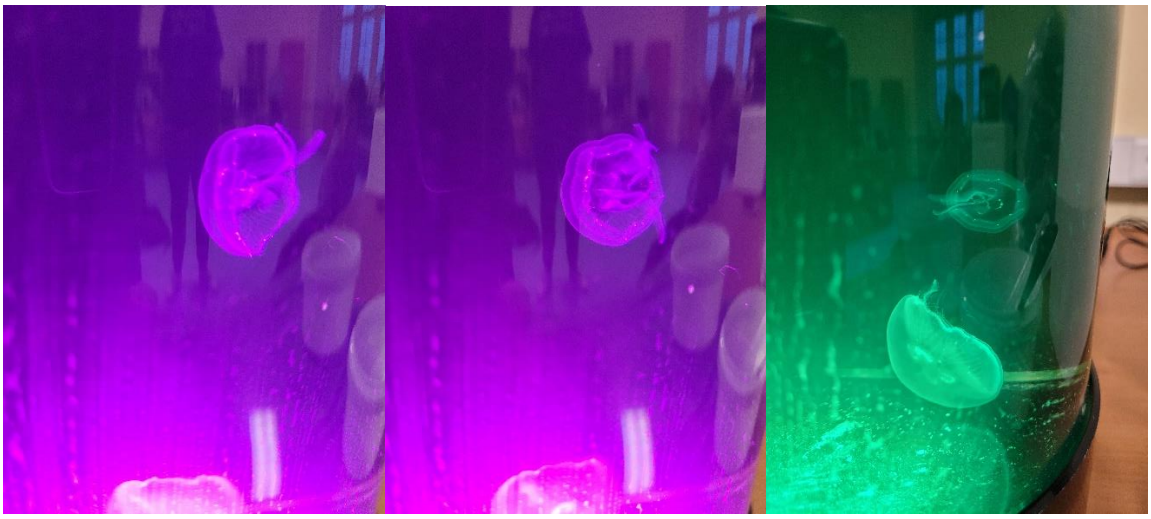
Rys. 2. Robot z Florida Atlantic University i Office of Naval Research [3, 4]

Ta meduza jest również dedykowana do badania czystości wody i zbierania informacji o otoczeniu. Napędem w tej meduzie jest pneumatyczny silnik. Wiąże się to z możliwością zgubienia robota: na większej głębokości przez różnice ciśnień sterowanie może być obarczone błędem, co prowadzi do konieczności ograniczenia maksymalnej głębokości badania czystości wody.

2. ANALIZA RUCHU MEDUZY

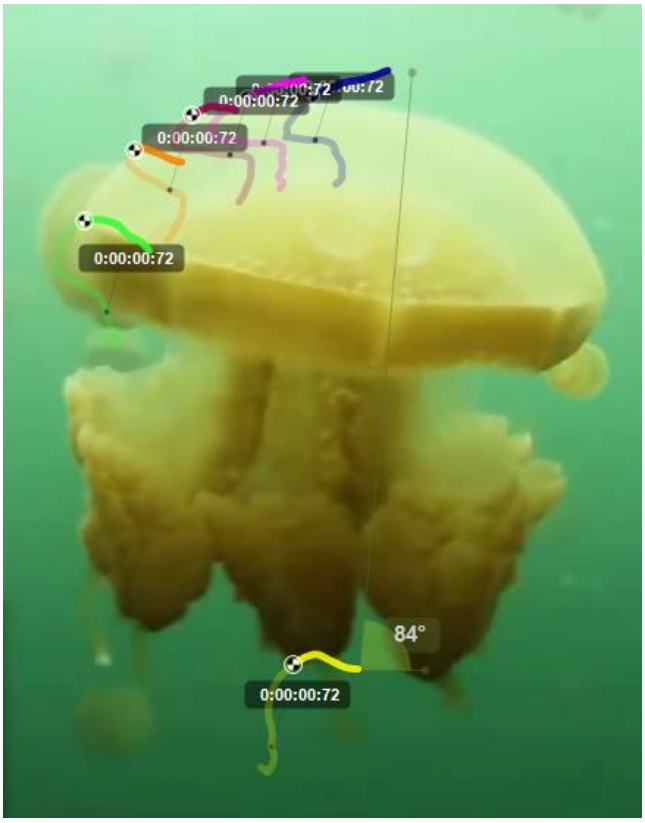
Zgodnie z założeniami sposób poruszania się projektowanego obiektu nie może zakłócać środowiska naturalnego, w tym rytmu życia organizmów żywych. Zadaniem meduzy jest dryfowanie pod powierzchnią wody wykorzystując ruch maksymalnie zbliżony do naturalnie występującego ruchu w wodach stojących, co zagwarantuje minimalizację negatywnego wpływu jej obecności na organizmy wodne i rytm ich życia. Meduza poruszać się będzie bez możliwości sterowania nią, powinna przemieszczać się wraz z prądami podwodnymi, które unosić ją będą wraz z zanieczyszczeniami znajdującymi się w zbiorniku. Mechanizm sztucznej meduzy wyposażony będzie w silikonowy dzwon poruszaną analogicznie do ruchu żywej meduzy. Ruch dzwonu generowany będzie przez system przekładni rozłożonych promieniście o jednym napędzie znajdującym się w centralnej części meduzy.

Pierwszym etapem projektu była analiza ruchu żywych meduz. Analiza ruchu przeprowadzana już była jako analiza zmiany kształtu całego dzwonu przez Dawoodiana i Sau [1]. W pracy [7] ruch meduzy interpretowany jest jako zmiana objętości medium wewnątrz dzwonu. Na potrzeby tej pracy wykonano obserwacje wizualne młodych meduz księżycowych w warunkach hodowlanych, a także pozyskano materiał filmowy wykonany przez National Geographic [5] ukazujący ruch meduz w warunkach naturalnych w jeziorach Indonezji. Do przeprowadzenia śledzenia ruchu przy użyciu oprogramowania Kinovea użyto materiału National Geographic. Materiał filmowy zawierający meduzy hodowlane charakteryzował się zniekształceniem optycznym wynikającym z kształtu walcowego pojemnika akwarystycznego (kształt taki jest konieczny z uwagi na dobrostan zwierząt). Ponadto meduzy hodowlane miały niewielkie rozmiary, co utrudniało pomiary, i poruszały się z tego powodu bardziej chaotycznie niż większe odpowiedniki z naturalnego środowiska, które z powodu masy własnej charakteryzowały się większą bezwładnością, a zatem także statecznością. Rysunek 3 przedstawia ujęcia meduz hodowlanych w pojemniku akwarystycznym.



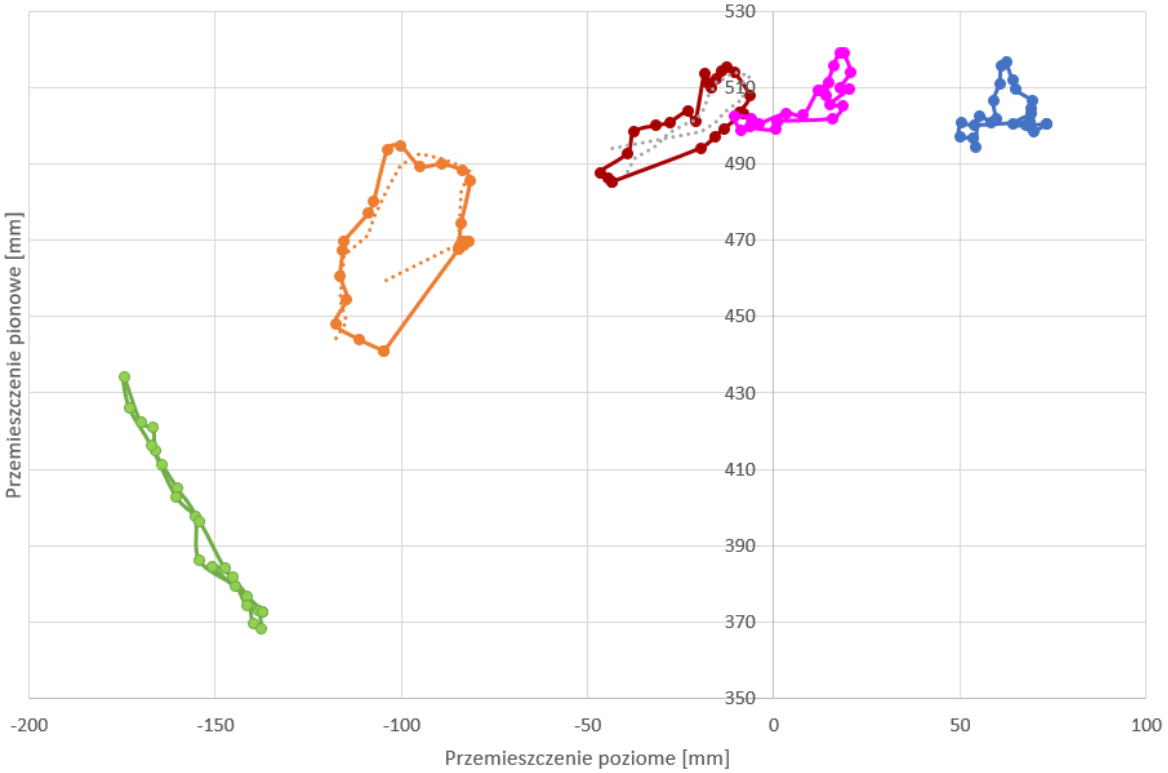
Rys. 3. Zdjęcia meduz księżycowych w warunkach hodowlanych

Ponieważ materiał filmowy National Geographic nie posiadał skali, pomiary wykonano zakładając średnicę dzwonu meduzy 400 mm, co jest średnicą odpowiadającą projektowanemu obiektowi sztucznemu. Otrzymano w ten sposób docelowe wartości przemieszczeń punktów, jakie należy uzyskać, aby imitować ruch naturalny. Podczas pomiarów założono także symetrię osiową zwierzęcia, dlatego śledzone punkty umieszczone zostały tylko po jednej stronie, co przedstawia rysunek 4. Zmierzono przemieszczenie w kartezjańskim układzie współrzędnych w sumie pięć punktów zlokalizowanych na promieniu dzwonu. Początek układu współrzędnych został umieszczony w dowolnie wybranym punkcie.



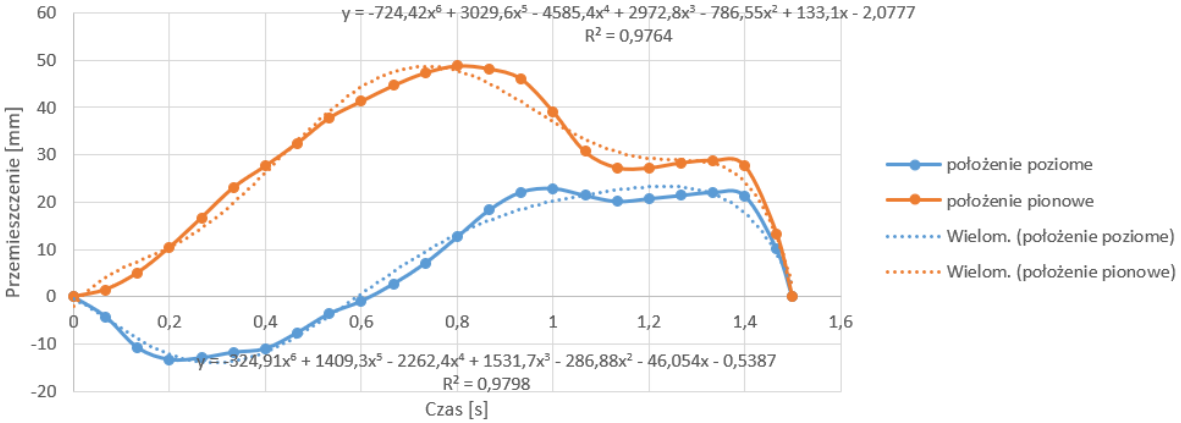
Rys. 4. Motion tracking punktów na dzwonie meduzy (źródło materiału filmowego: [5])

Z analizy wizualnej wynika, że dzwon meduzy porusza się aktywnie, natomiast pozostałe jej części ulegają bezwładnościowemu przemieszczaniu się. Z tego powodu wykonano pomiar położenia dodatkowego punktu zaznaczonego na żółto, który będzie stanowił początek ruchomego układu współrzędnych. Po wyeksportowaniu danych położenia w kolejnych chwilach czasowych wykonano przejście z nieruchomego układu współrzędnych o losowo wybranym początku do ruchomego układu współrzędnych, który związany jest z ciałem zwierzęcia. Dodatkowo meduza na nagraniu posiada oś nachyloną do pionu pod kątem 84 stopni. Dlatego wykonano matematyczny obrót współrzędnych punktów wokół początku układu współrzędnych o taki kąt. Na rysunku 5 pokazano wykres ilustrujący przemieszczenie kolejnych punktów na dzwonie, zachowano kolorystykę.



Rys. 5. Przebieg przemieszczenia punktów zlokalizowanych na dzwonie meduzy

Z obserwacji wizualnej, charakteru przemieszczeń u meduzy postawiono hipotezę, że skrajne punkty (niebieski i zielony) to partie dzwonu poruszające się bezwładnościowo za partią poruszaną czynnie lub pod wpływem różnicy ciśnień. Za partię poruszaną aktywnie uznano punkt oznaczony kolorem pomarańczowym. Potwierdza to fakt, że system mięśniowy zlokalizowany jest po obwodzie dzwonu meduzy pomijając część centralną odpowiadającą za funkcje fizjologiczne i część zewnętrzną, która kończy się błoną [2, 9] Dla wspomnianego punktu wyznaczono zmianę położenia w osi rzędnych i odciętych względem czasu mierzonego w sekundach. Do otrzymanych punktów zastosowano aproksymację wielomianową (rys. 6).



Rys. 6. Położenie punktu oznaczonego kolorem pomarańczowym w funkcji czasu

3. PODSUMOWANIE

Przeprowadzona analiza stanowi punkt wyjścia projektu meduzy badawczej. Kolejnym etapem prac będzie konstrukcyjne zaimplementowanie ruchu przy jednoczesnym zminimalizowaniu odstępstw od naturalnego kształtu. Prawdopodobnie najlepszym rozwiązaniem będzie przeanalizowanie i próba odtworzenia systemu mięśniowego żywej meduzy.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”

Literatura:

1. Dawoodian M., Sau A.; Kinetics and prey capture by a paddling jellyfish: three-dimensional simulation and Lagrangian coherent structure analysis; Journal Fluid Mechanics 912 (2021)
2. Hanghighi A., Zare I., Fallahi A., Naji H., Bahreini A.; Bio-inspired micro-robot with micro-actuators ICPF and floating collector Skimmer; 7th Iranian Conference on Electrical and Electronics Engineering, Islamic Azad University Gonabad Branch; 2015
3. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-3190/aadcb3, dostęp: 5.04.2024
4. https://naked-science.ru/article/sci/roboty-meduzy-budut-monitorit-i, dostęp: 5.04.2024
5. https://www.nationalgeographic.com/animals/article/jellyfish-marine-lakes-climate-change-spd, dostęp: 5.04.2024
6. https://youtu.be/GPtrYWuWBKY?si=ivQj5uMYgpexz4lT, dostęp: 5.04.2024
7. Li Y., Qiu L., He Y., Dai S.; Mechanism motion scheme design and dynamic analysis of biomimetic jellyfish adapt to different application; Mechanism and Machine Teory 194 (2024)
8. N. W. Xu, J. O. Dabiri, Low-power microelectronics embedded in live jellyfish enhance propulsion. Sci. Adv. 6, eaaz3194 (2020).

9. Xing Wang, Jean Vannier, Xiaoguang Yang, Lucas Leclcre, Qiang Ou, Xikun Song, Tsuyoshi Komiya, Jian Han; Muscle systems and motility of early animals highlighted by cnidarians from the basal Cambrian; eLife 2022

MODELING OF THE ELECTRIC DRIVE SYSTEM WITHOUT TAKING INTO ACCOUNT THE KINEMATIC INTERACTION OF THE LINKS OF THE ARM-MANIPULATOR OF AN INDUSTRIAL ROBOT

Kyryliuk O., Maidan P, Sokolan Iu., Sokolan K.
Khmelnitskiy National University, Ukraine

Abstract. The article deals with the study of the process of modeling the control system of the electric drive of the degrees of mobility of an industrial robot. The axes of the industrial robot's manipulator arm were used as the developed axes, and the optimal kinematic scheme of a universal industrial robot was chosen.
In the MATLAB R2009b software environment, we modeled and simulated the electric drive control system and analyzed dynamic processes. Based on the modeling results, it was found that the proposed functional circuit is suitable for use in controlling a permanent magnet synchronous motor.
As we can see, the axis movement accuracies of the PR arm-manipulator meet the established accuracy requirements of the electric drive, i.e., the maximum position error for each axis is below 18".
Keywords: automatic drive control system, microprocessor system, manipulator arm, electric drive, MATLAB, industrial robot.

Introduction

Industrial robotics is at the forefront of the use of new technologies, combining both mechanics and electronics, and this area of process automation continues to develop particularly rapidly due to the rapid development of electronics. The use of new technologies and materials makes it possible to significantly expand the possibilities of using microprocessor technology with a steady reduction in its size and increase in productivity, which in turn has an impact on both the increase in the range of tasks that industrial robots (IR) can perform and the overall quality of their performance [1-5].

Among the most common actions performed with the help of a IR are the following:

- electric arc and spot welding;
- transporting workpieces and parts from machine to machine or from machine to pallet changer systems;
- painting of surfaces;
- cutting operations in which the tool moves along a complex path [6-8].

The main advantages of IR include:

- elimination of human factor influence in conveyor production, as well as during monotonous work requiring high accuracy;
- the ability to use technological equipment in three shifts, 365 days a year;
- relatively quick payback;
- rational use of production facilities;
- increased accuracy of technological operations and, as a result, improved quality;
- preventing exposure of workers to harmful factors in high-risk industries.

Research methodology

As a result of a detailed analysis of modern universal manipulators of the IR [1-8], with a lifting capacity of more than 5 kg, it was found that in the vast majority of cases, an anthropomorphic kinematic scheme (KS) with six rotating axes is used (Fig. 1).

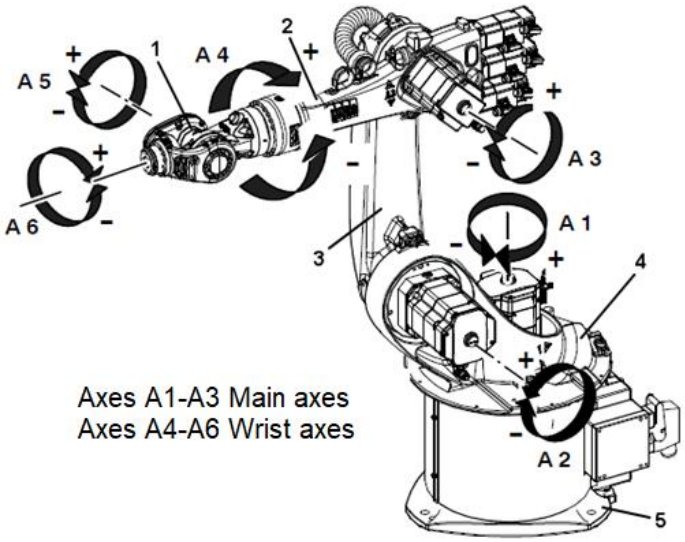


Fig. 1. Six-axis anthropomorphic CS on the example of the KUKA KR16 IR manipulator: 1 - wrist; 2 - arm; 3 - shoulder; 4 - carousel; 5 - support

Such a CS makes it possible to use the IR manipulator in the following industries [1-8]:
- packaging and selective picking;
- manipulation, loading and unloading;
- palletizing;
- metal foundries;
- electric arc welding and brazing;
- molding equipment;
- machining or assembly/disassembly operations;
- machine tool maintenance;
- measurement, testing and inspection.

None of the manufacturers provides data on the transmission kinematics of the IR manipulator arm, which eliminates the need to install the electric motor directly in the joints. With a load capacity of 10 kg or more, this makes it possible to increase performance, significantly reduce the weight and dimensions of the IR manipulator arm, reduce the inertia of the manipulator arm, improve its maneuverability, and, accordingly, alleviate the problem of supplying information and power cables to rotating electric drives [9-11].

In this regard, when designing the electric drive of the IR manipulator, the problem of designing the transmission of the manipulator arm from the CS, the transmission ratios to the mass characteristics of the manipulator arm module will arise.

Results and discussion

To analyze the dynamic properties, the electric drive system was modeled in the MATLAB R2009b software environment [12-15]. The model of the ASMT04250LBK motor control system for the A4 axis is shown in Figure 4.

The DCC unit (Fig. 2) will perform a direct coordinate transformation, i.e., the transition from a coordinate system rotating with a frequency of f_1 to a stationary one according to the following relations:

$$\begin{cases} i_\alpha = I_x \cos\theta - I_y \sin\theta; \quad i_\beta = I_x \sin\theta + I_y \cos\theta; \\ i_A = i_\alpha; \quad i_B = -\frac{1}{2} i_\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2} i_\beta; \quad i_C = -\frac{1}{2} i_\alpha - \frac{\sqrt{3}}{2} i_\beta. \end{cases} \quad (1)$$

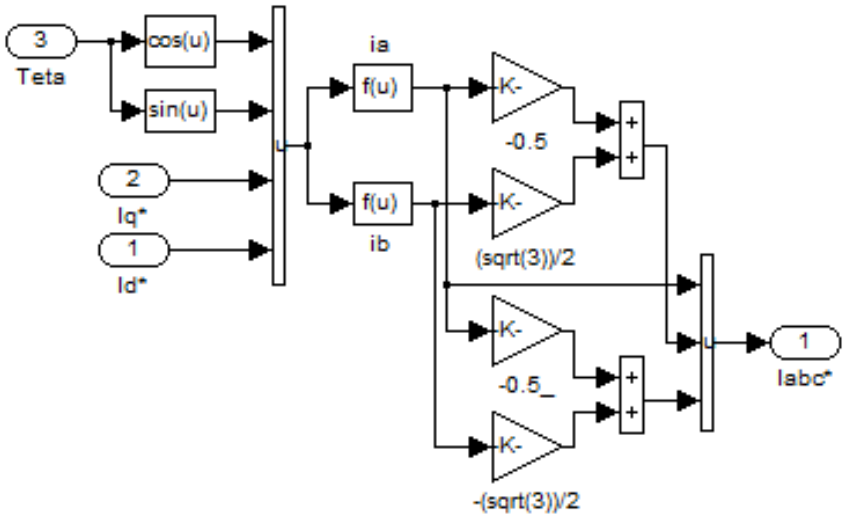


Fig.2. Block for direct conversion of coordinates (DCC)

The structure of the relay current regulator *RT4* is shown in Fig 3.

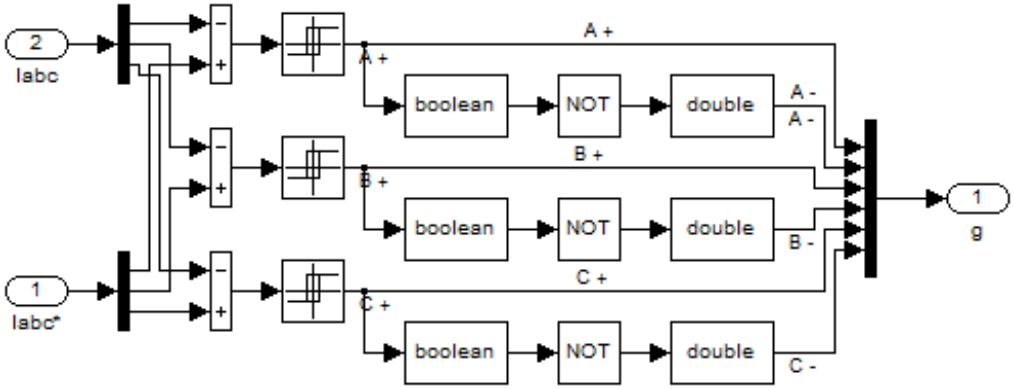


Fig. 3. Relay current regulator type RT4

Setting up the speed controller *RS4*:

$$K_{RS4} = \frac{2 \cdot J_{\sum} \cdot k_{om}}{3 \cdot p_n \cdot \left(\frac{L_q}{L_d}\right) \cdot k_{oc} \cdot a_{\omega} \cdot a_i \cdot T_n}; \quad (2)$$

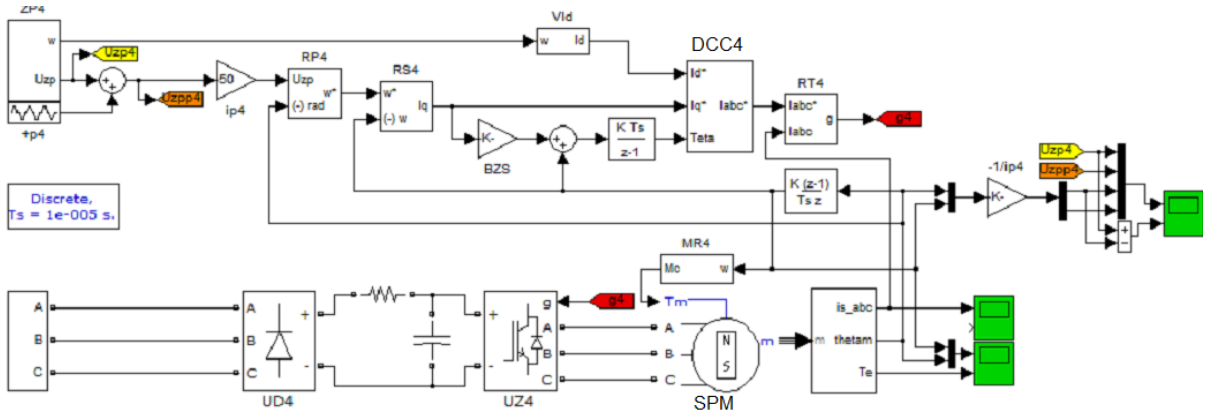
from

$$K_{RS4} = \frac{2 \cdot 0,379 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{3 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,011}{0,011}\right) \cdot 1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} = 0,63.$$

The position controller *RP4* and the sliding task unit *BZS* were adjusted iteratively:

$$K_{RP4} = 1950; K_{BZS} = 100.$$

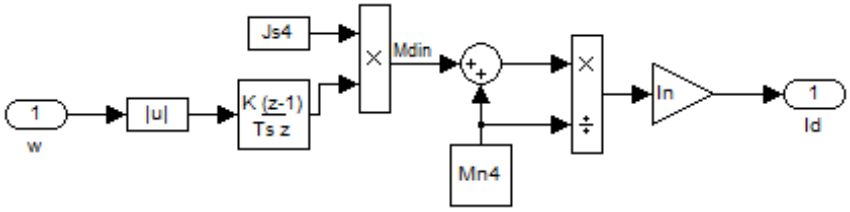
The block VId calculates the current Id, which is required to ensure the dynamics of the drive. The calculation of the task current is based on the equality of the torque multiplicity and the corresponding currents in the dynamics of the SPM [12-15].



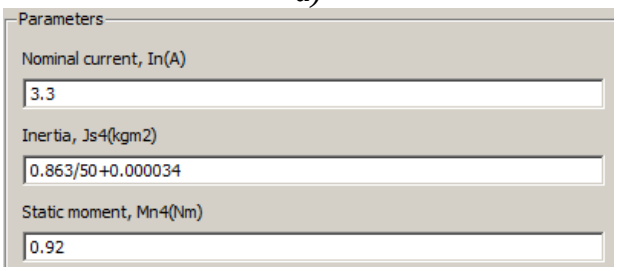
ZP4 - trajectory setpoint; RS4 - proportional current controller; +p4 - offset of the task trajectory; RP4 - proportional position controller; RT4 - relay current controller; PKP - direct coordinate conversion unit; VId - current task Id calculation unit; UD4 - rectifier; UZ4 - inverter; MR4 - load torque

Fig. 4. - Motor control model of the motor ASMT04250LBK of the A4 axis:

The structure of the calculation block and its parameters are shown in Figure 5. According to the speed signal, the acceleration is calculated, and then the dynamic moment is calculated. The sum of the dynamic and static moments will be divided by the value of the static moment. The resulting torque multiplicity will be multiplied by the rated current to determine the value of the set current.



a)



b)

Fig. 5. General view of the current calculation unit (a) and entering the required parameters (b)

The tracking error of the system is shown in graphical dependence fig. 6.

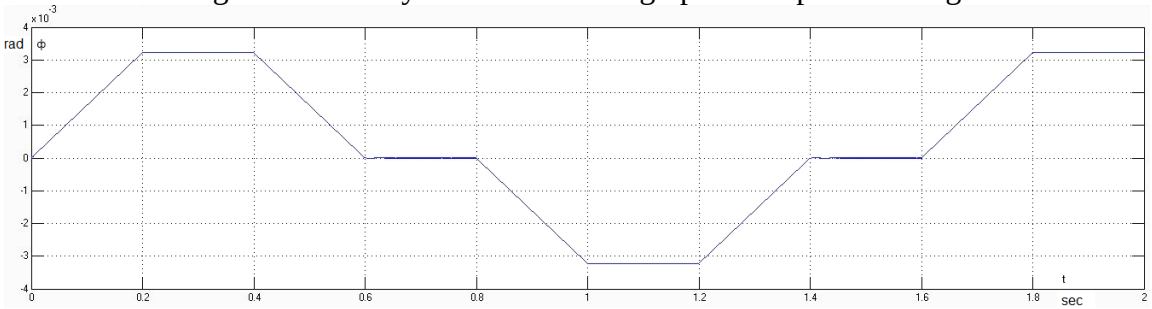


Fig. 6. Graphical dependence of the tracking error of the system

The graphical dependence (Fig. 6) shows that the initial maximum tracking error of the system is equal to $3.25*10^{-3}$ rad=0.186°=11'10"=18", i.e., it does not meet the requirements for the tracking accuracy of the electric drive, despite the still high positioning accuracy (about ten thousandths of a degree).

To improve the tracking accuracy, we will add an offset of $+\Delta\varphi$ to the position setpoint signal. This offset compensates for the misalignment error in the position controller, which is necessary to generate the speed controller setpoint signal. Thus, the offset value will be equal to the initial tracking error $\Delta\varphi$. The initial tracking error dynamically follows the velocity waveform (Fig. 6) and at each moment of time is equal to the ratio of the instantaneous angular velocity of the axis to the coefficient of the position controller [12-15]:

$$\Delta\varphi = \frac{\omega_{A4}}{K_{RP}}. \tag{3}$$

The added offset $+\Delta\varphi$ repeats the shape of the original error, except for the moment at $t=0$, when there is no offset at all, which is necessary to ensure the required motor dynamics. The settings of the offset block are shown in Fig. 7. In practice, the displacement is calculated in parallel with the setting of the motion trajectory.

From formula (3), you can calculate the maximum depth of speed control for the *A4* axis, up to which it is advisable to introduce an offset:

$$\omega_{A4\min} = K_{RP} \cdot \Delta\varphi_{\lim}; \tag{4}$$

from

$$\omega_{A4\min} = 1950 \cdot 8,72 \cdot 10^{-5} = 0,17 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \rightarrow \frac{6,283}{0,17} = 36,96$$

Thus, with a depth of adjustment of 37:1, the required tracking accuracy will be achievable without displacement, as demonstrated in Fig. 9 at a speed 50 times less than the nominal speed of the *A6* axis.

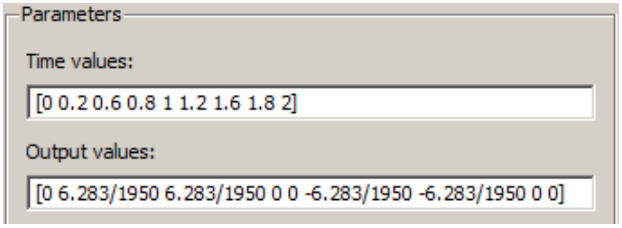


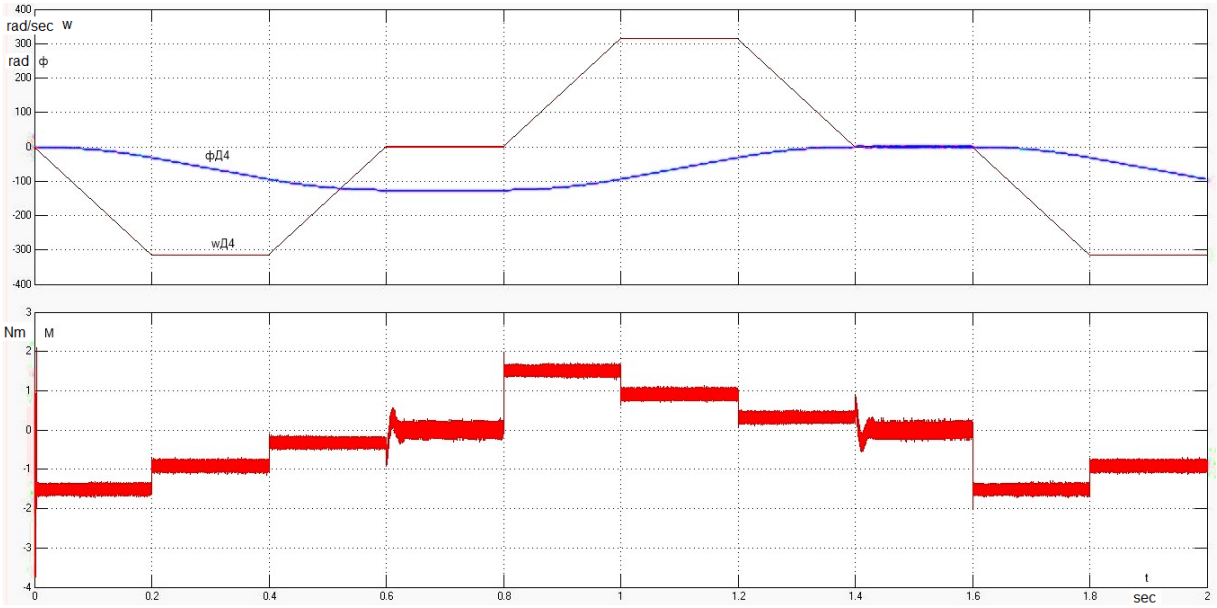
Fig. 7. Setting up the offset trajectory

The simulation results in the speed range of 50:1 are presented in graphical dependences (Figs. 8 and 9).

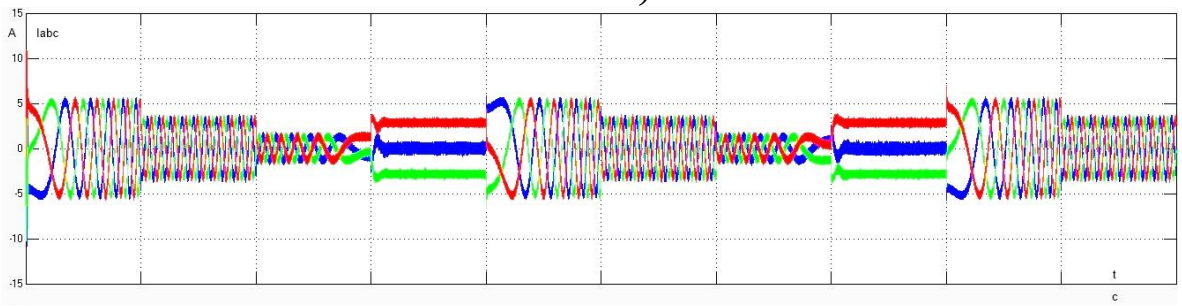
The obtained results correspond to those calculated during the selection of the electric motor, which indicates the suitability of the proposed scheme for controlling the rotor-mounted SPM.

The maximum tracking error of the *A4* axis with the task offset (Fig. 8) is observed when the motor is started at rated speed and is $4.8*10^{-5}$ rad=0.0028°=9.9"<18", which meets the established requirements for drive accuracy. The positioning accuracy is at least $0.2*10^{-5}$ rad= 0.0000115°=0.4"<18". If the technological process does not require tracking during motor startup (for example, welding requires constant speed), then the tracking error is no more than $0.5*10^{-5}$ rad=0.0000286°=1"<18".

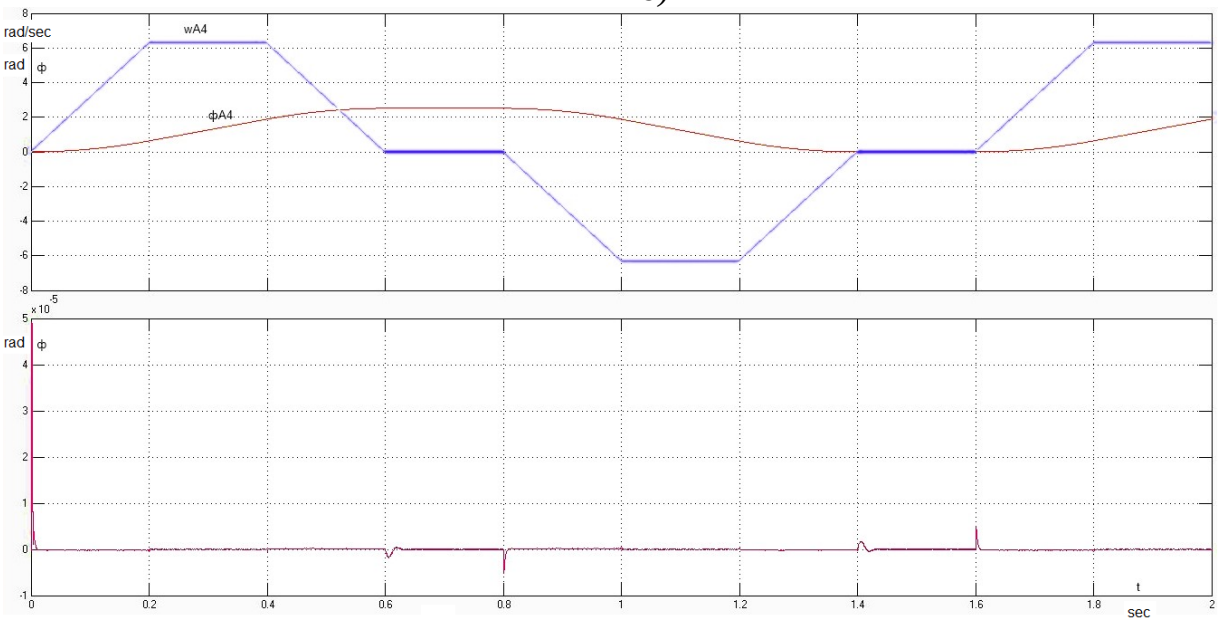
Setting up the electric drives for the *A5* and *A6* axes is similar to setting up the *A4* axis drive and, accordingly, requires no explanation, given that the same electric motor is used. Note that the requirements for the electric drive are also met for the electric drives of the *A5* and *A6* axes [12-15].



a)

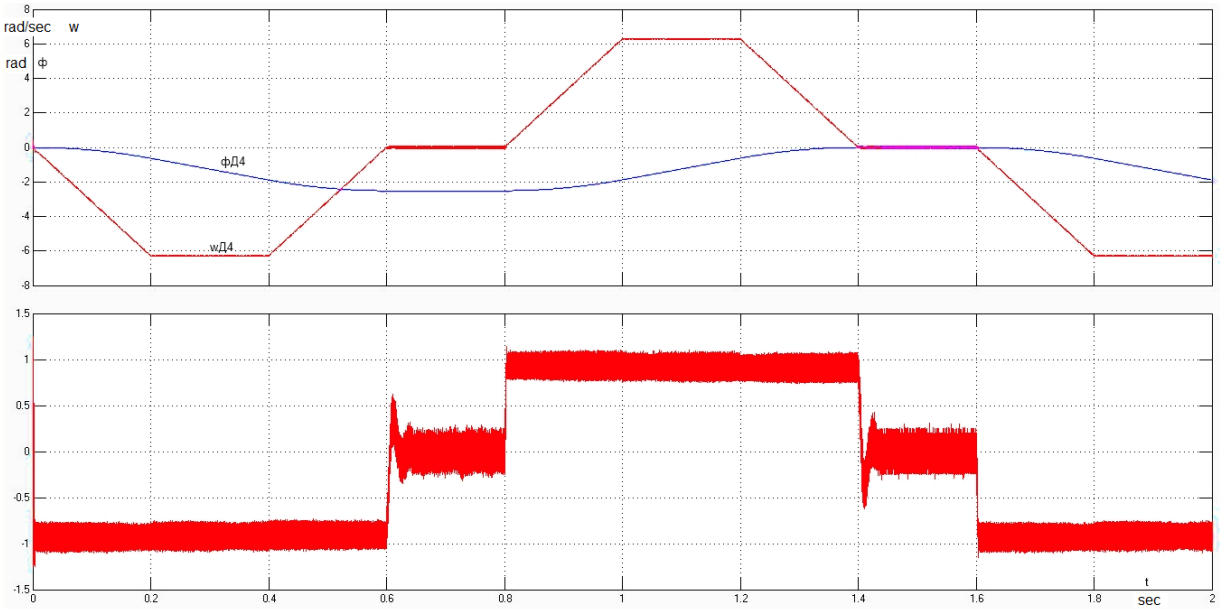


b)

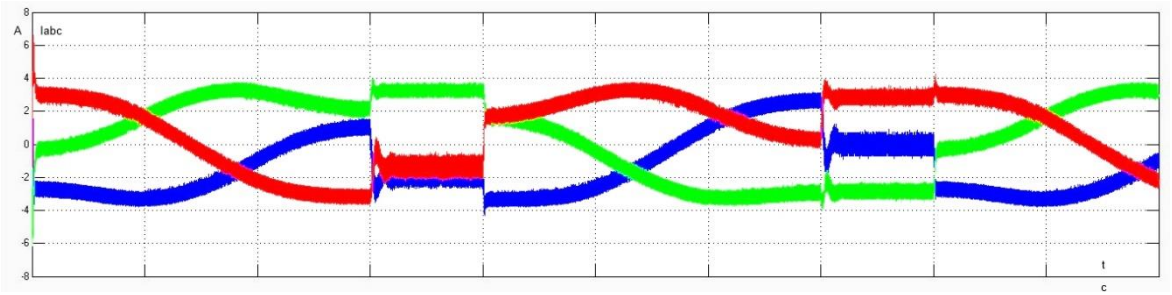


c)

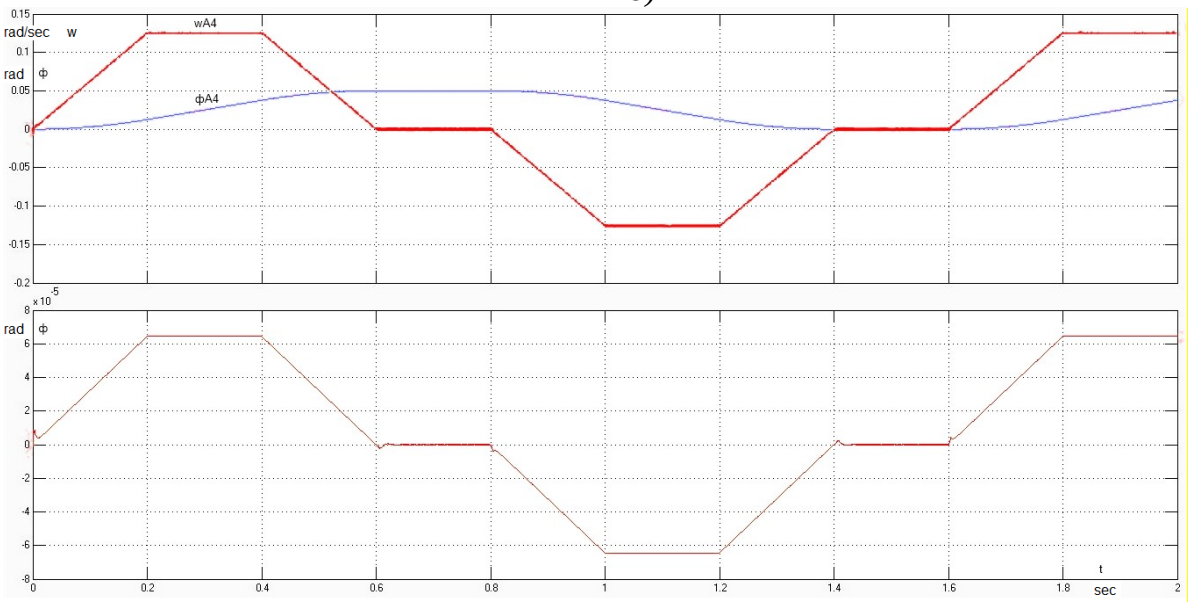
Fig. 8. Graphical dependences: a - speed and angular displacement of the motor shaft; b - speed and angular displacement of the A4 axis; c - tracking error of the A4 axis



a)



b)



c)

Fig. 9. Graphical dependences: a - speed and angular displacement of the motor shaft; b - speed and angular displacement of the A4 axis; c - tracking error of the A4 axis

Conclusions

The optimal CS of the universal IR is determined. The modeling and simulation of the electric drive control system were performed in MATLAB R2009b, and dynamic processes were analyzed. Based on the modeling results, it was found that the proposed functional circuit

is suitable for use in the control of the SPM. The obtained characteristics of the modeled electric drive meet the established requirements.

Bibliography

1. Pavlenko I.I., Mazhara V.A. (2010). Robotic technological complexes: Study guide. Kirovograd: KNTU. 392 p.
2. Polishchuk M.M., Tkach M.M. (2021). Robotics systems: design and modeling [Electronic resource]. Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. 112 p.
3. Tin Lun Lam, Yangsheng Xu. (2012). Tree Climbing Robot: Design, Kinematics and Motion Planning. Springer Heidelberg, New York. 178p.
4. Auke Ijspeert, Carlo Menon. (2008). Modelisation and Simulation of Climbing Robots. Master Project, Simon Ruffieux, Simon Fraser University. 21p.
5. Kovalev Y.A., Koshel S.O., Manoylenko O.P. (2021). Design of industrial robots and manipulators: Study guide. - K.: TsUL. 256 p.
6. Peresada S.M., Pushkar M.V. (2020). Fundamentals of mechatronics [Electronic resource]. Kyiv : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. 137 p.
7. Grabchenko A.I., Klepikov V.B., Dobrovskok V.L. (2014). Introduction to mechatronics: a textbook. KH.: NTU "KHPI". 264 p.
8. Leveikin V.S., Romasevich Y.O., Chovnyuk Y.V. (2012). Mechatronics. Textbook. K. 357 p.
9. Tsvirkun L.I., Gruler G. (2017). Robotics and mechatronics: a textbook. Dnipro: NSU. 224 p.
10. Pelevin L.E., Pochka K.I., Garkavenko O.M. (2016). Synthesis of robotic systems in mechanical engineering. K.: Interservice. 258 p.
11. Pavlenko T.P., Shavkun V.M., Kozlova O.S., Lukashova N.P. (2019). Modern electromechatronic complexes and systems: a textbook. Kharkiv: KhNUMH named after A.N. Beketov. 116 p.
12. Lazarev Y. F. (2013). Guide to MATLAB. K.: NTUU "KPI". 132 p.
13. Getting Started with MATLAB. Version 6.5. (2002). The MathWorks, Inc.
14. Arsenieva S.I. (2019). The use of MATLAB software tools for solving typical problems of analog automation: a textbook for students of higher educational institutions. Zaporizhzhia: National University "Zaporizhzhia Polytechnic". 118 p.
15. Lozynsky A., Moroz V., Paranchuk J. (2000). Solving problems of of electromechanics in the environments of MathCAD and MATLAB packages. Lviv: Lviv Polytechnic State University Publishing House. 166 p.

ANALIZA PRZYCZYN WYPADKÓW PRZY PRACY W SYSTEMIE ZBIOROWEGO TRANSPORTU

Lewandowska-Wojciechowska E., Lipski P.
Miejskie Zakłady Komunikacyjne Spółka z o.o., Bydgoszcz, Polska

Streszczenie. W pracy dokonano analizy przyczyn wypadków przy pracy w systemie zbiorowego transportu w latach 2020 - 2023. Przedmiotowej analizie zostały poddane grupy zawodowe: kierowcy autobusów, motorniczowie tramwajów, pracownicy fizyczni - zaplecze techniczne, pracownicy umysłowi.
Słowa kluczowe: wypadek, przyczyna.

1. Wprowadzenie

Transport to przewóz ładunków i pasażerów. Odgrywa on znaczną rolę w kształtowaniu rozwoju gospodarczego i przemian zachodzących na różnych obszarach [1].

Ogólnie transport możemy podzielić na [2]:
- transport powietrzny;
- transport morski;
- transport lądowy.

Transport powietrzny – jego rola sprowadza się przede wszystkim do przewozów pasażerskich. Pod względem szybkości transportowania i odległości na jaką możemy się przemieszczać wykorzystując transport lotniczy, pozostaje on bezkonkurencyjny w porównaniu z pozostałymi.

Transport morski – z chwilą pojawienia się zbiorowego transportu lotniczego, utracił funkcje głównego transportu pasażerskiego zwłaszcza transatlantyckiego. Obecnie transport morski spełnia rolę transportu pasażerskiego wyłącznie ograniczając się do rejsów turystycznych
(za wyjątkiem przepraw promowych). Pomijając ten fakt transport morski nadal jest istotną gałęzią

gospodarki zwłaszcza jeżeli chodzi o transport dużych ładunków, czy surowców naturalnych

w warunkach w których nie można wykorzystać transportu drogowego.

Transport lądowy – najbardziej rozpowszechniony, przede wszystkim ze względu na niskie koszty nakładu w porównaniu z rozpatrywanymi rodzajami transportu, co ma swoje odzwierciedlenie
w znacznym wykorzystywaniu tego rodzaju transportu zarówno w krajach wysoko jak i nisko rozwiniętych pod względem gospodarczym.

2. Przyczyny powstania zagrożeń wypadkowych

Analizując zagrożenia wypadkowe w komunikacji miejskiej należy przybliżyć pojęcie samego wypadku przy pracy.

Za wypadek przy pracy uważa się [3]:
- nagłe zdarzenie,
- wywołane przyczyną zewnętrzną,
- powodujące uraz lub śmierć,
- które nastąpiło związku z pracą.

Wszystkie wymienione wyżej elementy (nagłość, przyczyna zewnętrzna, uraz lub śmierć, związek z pracą) muszą zaistnieć jednocześnie, aby zdarzenie, któremu uległ pracownik, mogło

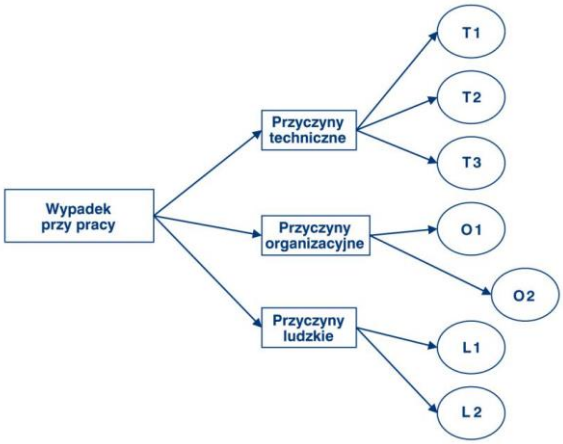
być zakwalifikowane jako wypadek przy pracy. Brak choćby jednego z tych czynników uniemożliwia uznanie zdarzenia za wypadek przy pracy. Dla prawidłowego kwalifikowania zdarzenia jako wypadek przy pracy, niezbędne jest dokładne określenie składników definicji wypadku przy pracy. Nagłość zdarzenia - kryterium nagłości przesądza o tym, czy dane zdarzenie zakwalifikuje się jako wypadek przy pracy czy też jako chorobę zawodową. Ustalono wykładnię w orzecznictwie sadowym, że zdarzenie nagłe zachodzi wtedy, gdy nie trwa dłużej niż wynosi czas jednej zmiany roboczej. Nie należy jednak w praktyce tej granicy czasowej traktować
jako sztywnej (np. praca w godzinach nadliczbowych), a ocena nagłości powinna być dokonana z uwzględnieniem wszystkich okoliczności danego wypadku. Uraz – uszkodzenia tkanek ciała lub narządów człowieka wskutek działania czynnika zewnętrznego. Przyczyna zewnętrzna - kryterium to określa, że dane zdarzenie jest tylko wtedy wypadkiem przy pracy, jeżeli nastąpiło na skutek działania czynników zewnętrznych. Mogą to być:

- urazy spowodowane działaniem elementów ruchomych, luźnych, ostrych i wystających, maszyn, urządzeń, narzędzi,
- działanie zbyt wysokich lub zbyt niskich temperatur (oparzenia, odmrożenia),
- działanie energii elektrycznej (porażenie prądem elektrycznym),
- działanie substancji chemicznych (np. zatrucia),
- wysiłek fizyczny niezbędny do wykonywania pracy (np. dźwiganie ciężaru, nawet gdy nie są przekroczone dopuszczane normy),
- urazy spowodowane potknięciem i upadkiem.

Oczywiście niemożliwe jest przytoczenie wszystkich przyczyn zewnętrznych mogących swoim działaniem na człowieka spowodować wypadek. Dlatego też każdy wypadek rozpatruje się indywidualnie, biorąc pod uwagę wszystkie możliwe przyczyny tym bardziej, że mogą istnieć przyczyny wewnętrzne (schorzenia pracownika). Związek z pracą - związek z pracą zachodzi wówczas, gdy istotą przyczyny wypadku jest pełnienie przez pracownika obowiązków wynikających ze stosunku pracy bądź związanych z nim.

Badanie wypadków przy pracy w komunikacji miejskiej opiera się w dużej mierze na metodach TOL oraz drzewa przyczyn.

Metoda ustalania tego co zawiodło w technice, w organizacji na stanowisku pracy i na ile zawiódł człowiek należy do najbardziej rozpowszechnionych i najchętniej stosowanych sposobów badania wypadków [4]. Zakłada się, że każdy wypadek jest wynikiem przyczyn technicznych (T) (np. złamanie narzędzia, awaria systemu sterowania, wada transportowanego elementu itp.), organizacyjnych (O) (np. bałagan na stanowisku pracy, sposób dostarczenia materiałów, sposób wykonywania pracy itp.) i ludzkich (L) (np. niewłaściwe ruchy, błędne decyzje pracownika, brak nadzoru itp.). Ważne jest tu ustalenie powiązań pomiędzy poszczególnymi grupami przyczyn, np. do wypadku doszło w wyniku zastosowania uszkodzonego zaworu (przyczyna techniczna) podczas prac remontowych. Mamy tu związek między przyczynami ludzkimi (wybór uszkodzonego zaworu), technicznymi (wadliwy zawór) i organizacyjnymi (np. nieporządek na stanowisku pracy).

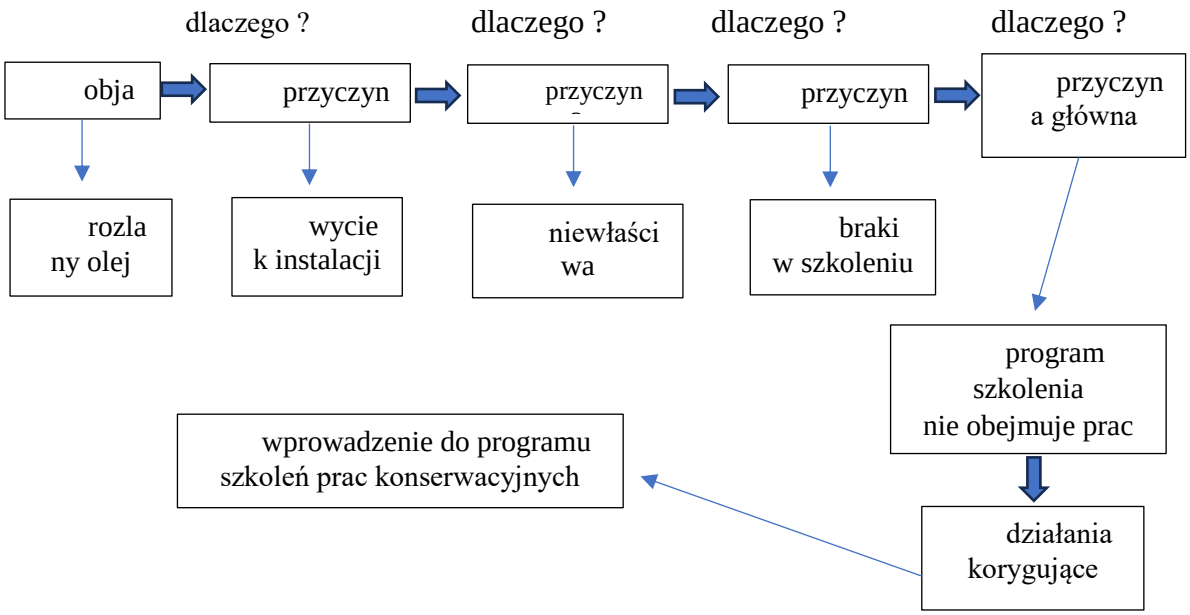


Rys. 1. Przyczyny wypadku w podejściu wg systematyki TOL

Metodę należy ocenić jako relatywnie uniwersalną, którą można zastosować do większości wypadków, chociaż metoda znacznie lepiej sprawdzi się podczas badania wypadków przy pracy o stosunkowo prostym przebiegu [5].

Podczas badania i analizy wypadków przy pracy, które mają złożony i problematyczny przebieg (łańcuch wielu czynników), procedura TOL może być niewytaczająca. Z uwagi na powyższe dodatkowo można zastosować inne metody na przykład tzw. drzewo przyczyn.

Drzewo przyczyn jest graficznym przedstawieniem logicznego łańcucha następujących po sobie faktów, czyli ustaleniem w jaki sposób występujące po sobie zdarzenia doprowadzają do urazu lub utraty życia [4]. Ustalone podstawowe fakty mogą być głębiej analizowane przez zadawanie kolejnych pytań „dlaczego?”. Pytań bywa zwykle cztery lub pięć i to najczęściej pozwalają na tyle zgłębić zagadnienie, że dojdziemy do przyczyny pierwotnej i zidentyfikujemy jednocześnie przyczyny pośrednie.



Rys. 2. Zastosowanie wielokrotnych pytań „dlaczego?”

Zastosowanie analizy drzewa przyczyn i narysowanie schematu występujących zdarzeń (faktów) pomaga we właściwym zaplanowaniu środków zapobiegających podobnym wypadkom w przyszłości, i ich umiejscowieniu w sekwencji wypadku.

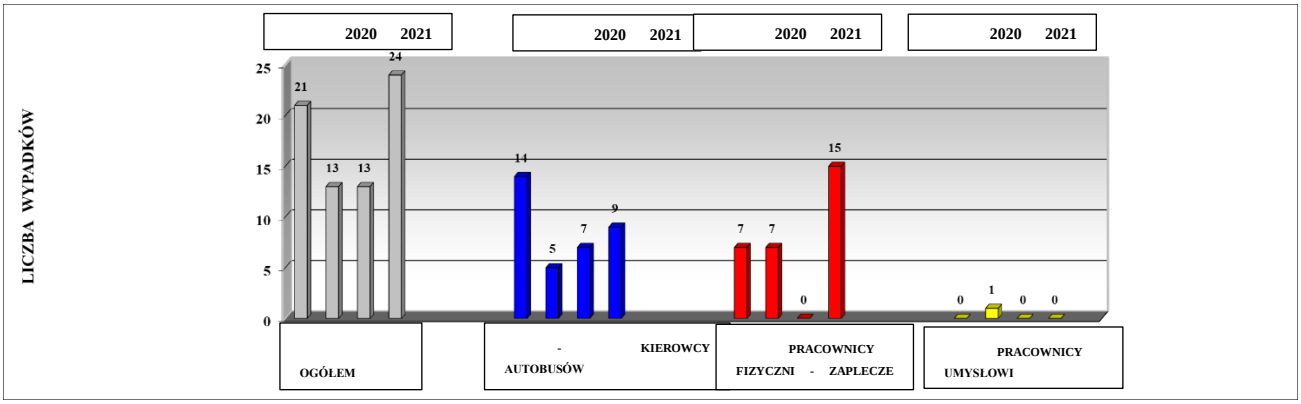
W literaturze przedmiotu występuje wiele metod oceny ryzyka niemniej jednak w dużych systemach transportowych są opracowywane metody oceny uwzględniające specyfikę danego przedsiębiorstwa [6]. Ponadto zagrożenia mogą być stwarzane przez: człowieka C, obiekt techniczny OT oraz przez oddziaływanie otoczenia [7].

Analizie zostały poddane grupy zawodowe: kierowcy autobusów, motorniczowie tramwajów, pracownicy fizyczni - zaplecze techniczne, pracownicy umysłowi.

Analiza wypadkowości w komunikacji miejskiej w latach 2020 - 2023 r. wykazała, że do głównych przyczyny wypadków zakwalifikowano m.in.:

- atak agresji słowny i fizyczny ze strony pasażera;
- obecność poszkodowanego w strefie zagrożenia - zdarzenie drogowe;
- niewłaściwe postawienie kończyn na nawierzchni;
- ruch ciała związany z wysiłkiem fizycznym;
- niewłaściwa organizacja pracy przez pozostawienie przedmiotu na ciągu komunikacyjnym;
- nieprzestrzeganie wymogów bhp przy wykonywaniu prac szczególnie niebezpiecznych;
- niewłaściwe wykonywanie prac ręcznych prac transportowych;
- obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego podczas podnoszenia dużego, nieporęcznego
i trudnego do uchwycenia przedmiotu;
- zużycie materiału - odprysk metalu;
- niedostosowanie się do wytycznych zawartych w instrukcji bezpieczeństwa i higieny pracy.

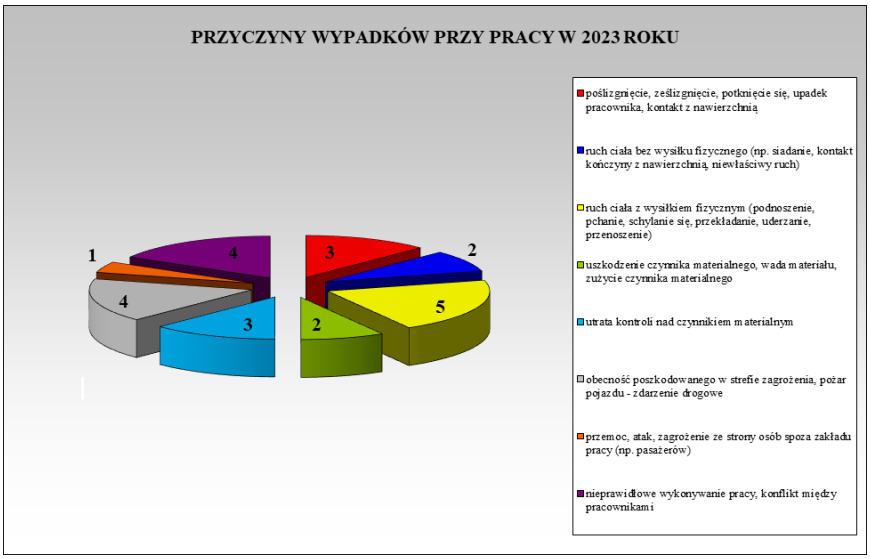
Poniższe wykresy i tabela przedstawiają ilość oraz przyczyny wypadków przy pracy w komunikacji miejskiej (lata 2020 – 2023).



Wykres nr 1 - statystyka wypadków przy pracy w latach 2020-2023

Tabela nr 1 – porównanie okoliczności wypadków przy pracy w latach 2020 – 2023

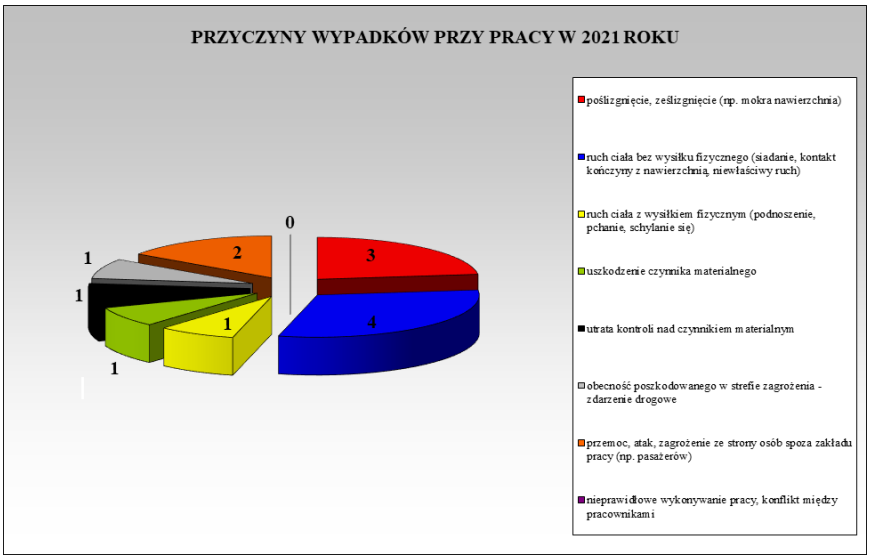
	POROWNANIE OKOLICZNOŚCI WYPADKÓW PRZY PRACY W LATACH 2020-2023	020	021	022	023
.	poślizgnięcie, ześlizgnięcie, potknięcie się, upadek pracownika, kontakt z nawierzchnią				
.	ruch ciała bez wysiłku fizycznego (np. siadanie, kontakt kończyny z nawierzchnią, niewłaściwy ruch)				
.	ruch ciała z wysiłkiem fizycznym (podnoszenie, pchanie, schylanie się, przekładanie, uderzanie, przenoszenie)				
.	uszkodzenie czynnika materialnego, wada materiału, zużycie czynnika materialnego				
.	utrata kontroli nad czynnikiem materialnym				
.	obecność poszkodowanego w strefie zagrożenia, pożar pojazdu - zdarzenie drogowe				
.	przemoc, atak, zagrożenie ze strony osób spoza zakładu pracy (np. pasażerów)				
.	nieprawidłowe wykonywanie pracy, konflikt między pracownikami				



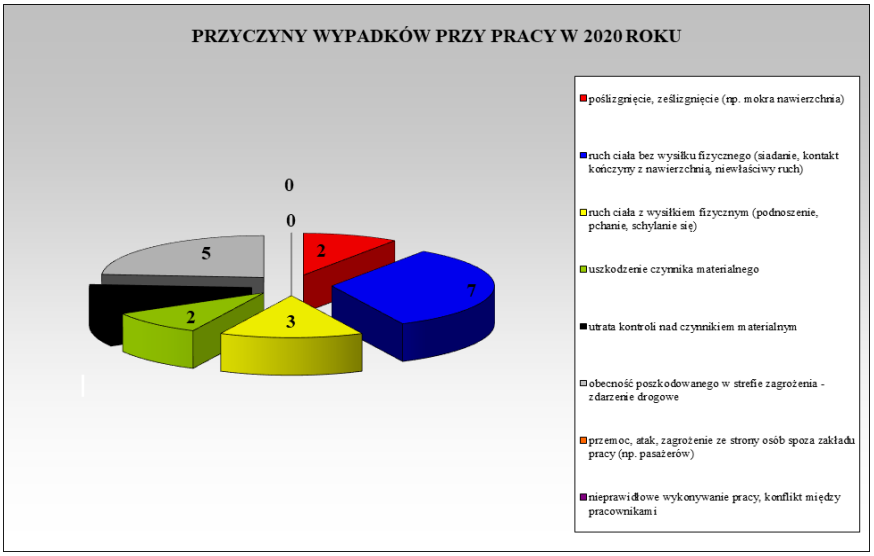
Wykres nr 2 - statystyka przyczyn wypadków przy pracy w 2023 roku



Wykres nr 3 - statystyka przyczyn wypadków przy pracy w 2022 roku



Wykres nr 4 - statystyka przyczyn wypadków przy pracy w 2021 roku

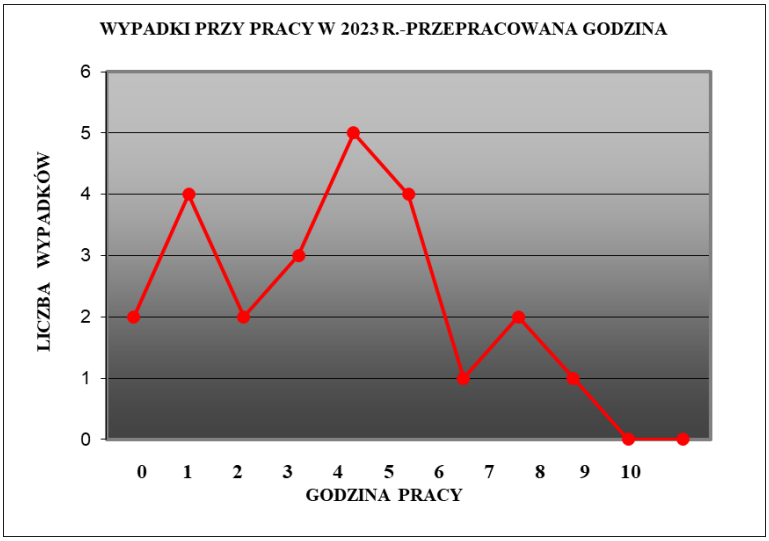


Wykres nr 5 - statystyka przyczyn wypadków przy pracy w 2020 roku

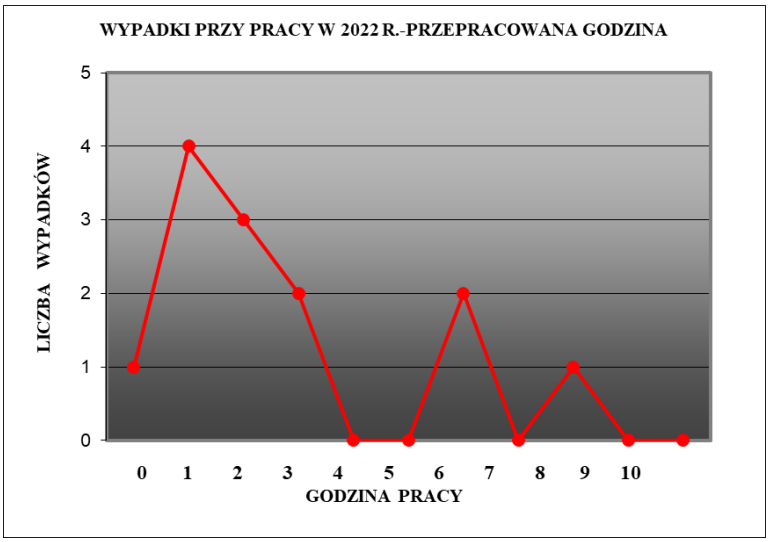
W przedmiotowej analizie wzięto pod uwagę statystykę wypadków przy pracy w latach 2020-2023 z uwzględnieniem przepracowanych godzin oraz staż pracy pracowników. Wyniki przedstawiają się następująco:

Tabela nr 2 – statystyka wypadków przy pracy w latach 2020-2023 z uwzględnieniem przepracowanych godzin

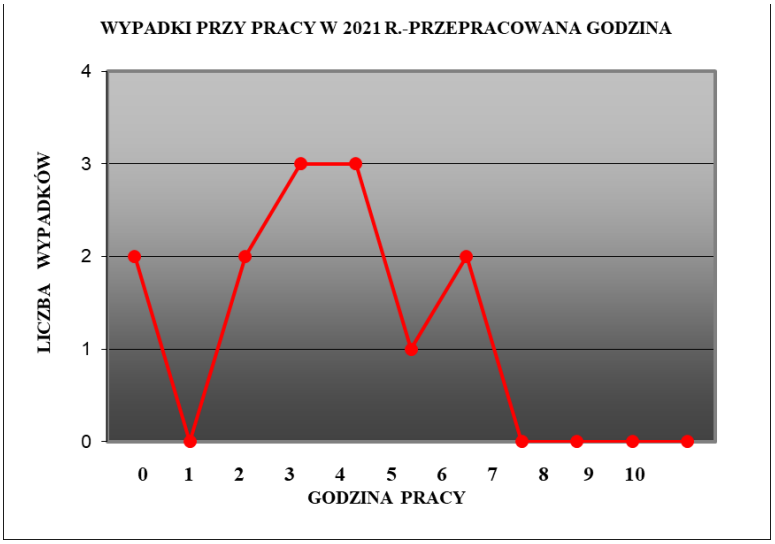
przepracowana godzina pracy	ilość wypadków przy pracy			
	2020	2021	2022	2023
0	7	2	1	2
1	3	0	4	4
2	3	2	3	2
3	3	3	2	3
4	1	3	0	5
5	0	1	0	4
6	0	2	2	1
7	2	0	0	2
8	1	0	1	1
9	1	0	0	0
10	0	0	0	0



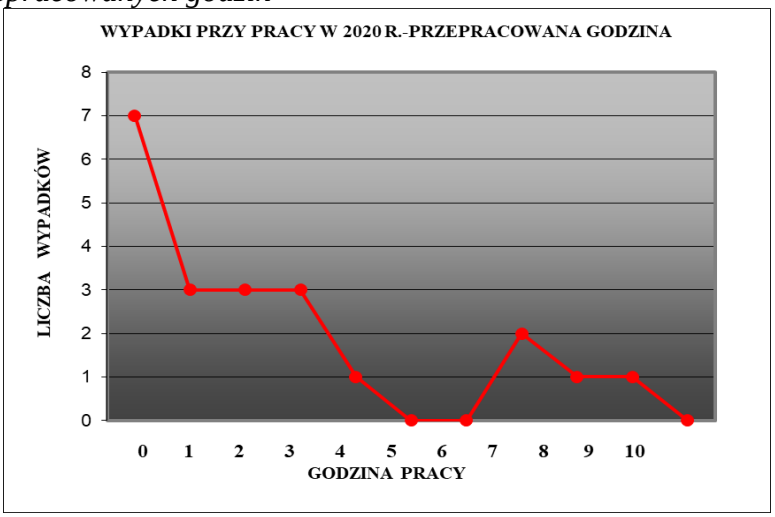
Wykres nr 6 - statystyka przyczyn wypadków przy pracy w 2023 roku z uwzględnieniem przepracowanych godzin



Wykres nr 7 - statystyka przyczyn wypadków przy pracy w 2022 roku z uwzględnieniem przepracowanych godzin



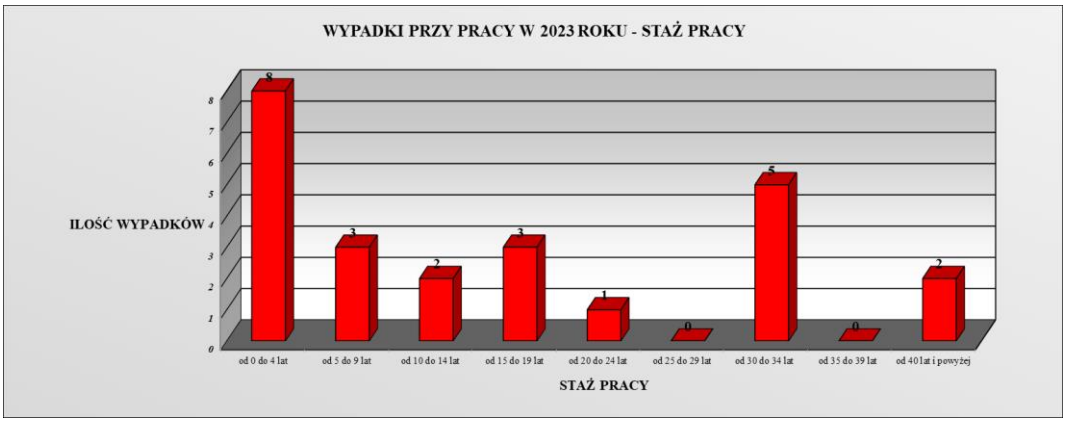
Wykres nr 8 - statystyka przyczyn wypadków przy pracy w 2021 roku z uwzględnieniem przepracowanych godzin



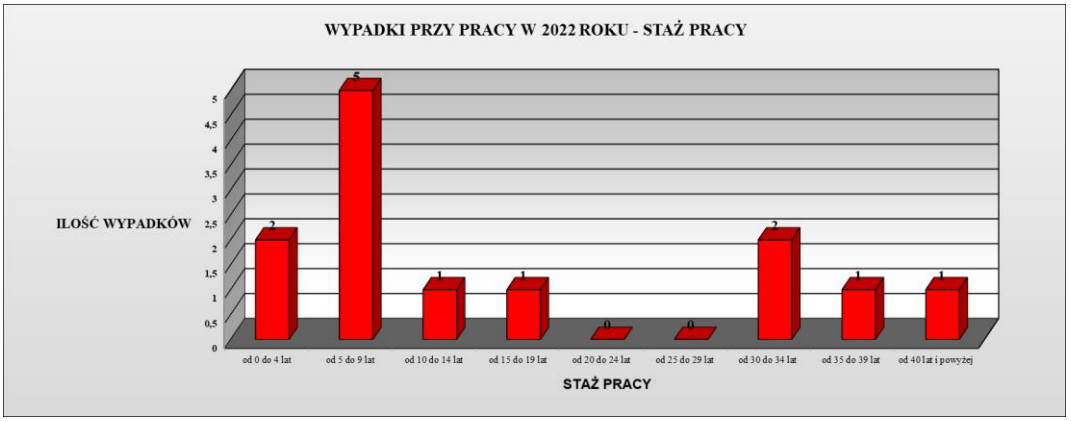
Wykres nr 9 - statystyka przyczyn wypadków przy pracy w 2020 roku z uwzględnieniem przepracowanych godzin

Tabela nr 3 – statystyka wypadków przy pracy w latach 2020-2023 z uwzględnieniem stażu pracy

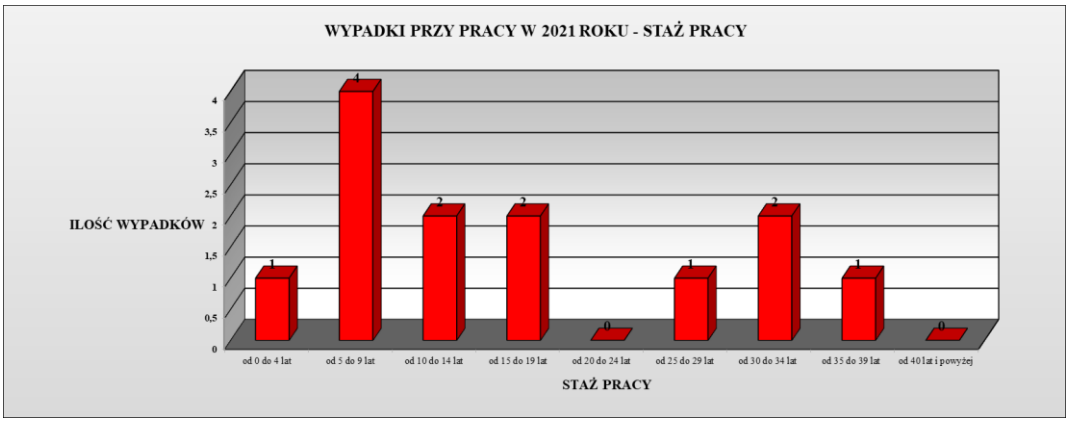
	ILOŚĆ WYPADKÓW PRZY PRACY			
staż pracy	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
od 0 do 4 lat	10	1	2	8
od 5 do 9 lat	3	4	5	3
od 10 do 14 lat	5	2	1	2
od 15 do 19 lat	2	2	1	3
od 20 do 24 lat	0	0	0	1
od 25 do 29 lat	0	1	0	0
od 30 do 34 lat	1	2	2	5
od 35 do 39 lat	0	1	1	0
od 40 lat i powyżej	0	0	1	2



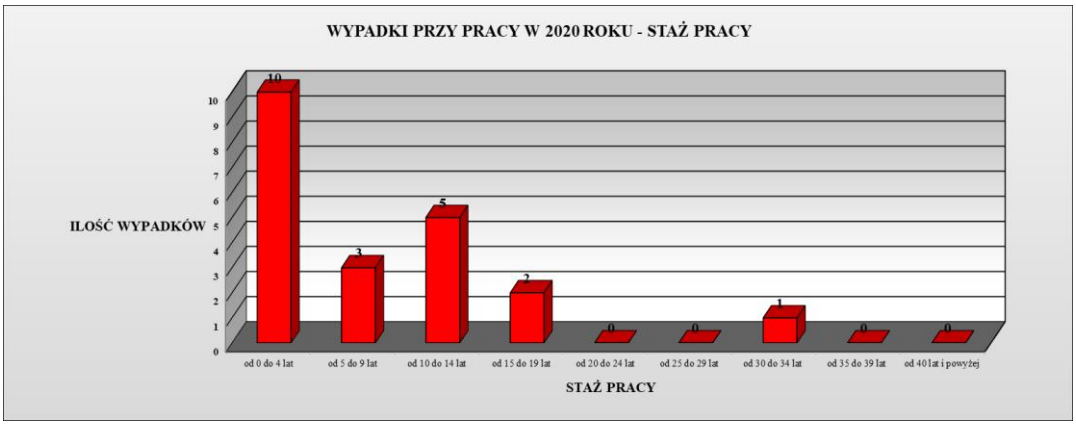
Wykres nr 10 - statystyka przyczyn wypadków przy pracy w 2023 roku z uwzględnieniem stażu pracy



Wykres nr 11 - statystyka przyczyn wypadków przy pracy w 2022 roku z uwzględnieniem stażu pracy



Wykres nr 12 - statystyka przyczyn wypadków przy pracy w 2021 roku z uwzględnieniem stażu pracy



Wykres nr 13 - statystyka przyczyn wypadków przy pracy w 2020 roku z uwzględnieniem stażu pracy

3. Wnioski

Na podstawie wyników zawartych w analizie wykazano, że na wypadki przy pracy w systemie zbiorowego transportu mają wpływ różne czynniki środowiska pracy (m.in. fizyczne, chemiczne i psychofizyczne). Najwięcej wypadków przy pracy miało miejsce w trzech grupach zawodowych, tj. kierowcy autobusów, motorniczowie tramwajów oraz pracownicy fizyczni (zaplecze).

Powyższy fakt wynika, z występowania licznej grupy czynników związanych ze stanowiskiem pracy np. narzędzia, maszyny, pojazdy kołowe i szynowe, pasażerowie, uczestnicy ruchu. Statystycznie najwięcej wypadków przy pracy dotyczyło poślizgnięć, potknięć upadków, ruchu ciała z wysiłkiem fizycznym i bez wysiłku fizycznego oraz zdarzeń drogowych. Analizując przepracowaną ilość godzin, najwięcej wypadków przy pracy miało miejsce
w pierwszej, drugiej, trzeciej i czwartej godzinie pracy. Pracownicy z krótkim stażem (0-4) stanowili najliczniejszą grupę wypadkową. Należy wnioskować, że doświadczenie zawodowe jest istotnym elementem poziomu bezpieczeństwa w systemie pracy.

W celu zmniejszenia liczby wypadków przy pracy zalecono m.in.: omówienie przedmiotowych wypadków z poszkodowanymi oraz nadzorem; analizę wypadków przy pracy z udzieleniem wytycznych powypadkowych; zwrócenie szczególnej uwagi na zachowanie środków ostrożności podczas ręcznych prac transportowych oraz na właściwą koordynację prac.

Istotną kwestią w rozpatrywaniu wypadków jest podchodzenie do każdego zdarzenia indywidulanie. Szczegółowa analiza faktów oraz obiektywne podejście do sprawy pozwalają na właściwe określenie przyczyn wypadków przy pracy i w efekcie właściwe sformułowanie wniosków oraz zaleceń profilaktycznych.

W perspektywie czasu należy skupić się na wdrożeniu programów modyfikacji niebezpiecznych zachowań połączonych z monitorowaniem zdarzeń potencjalnie wypadkowych. Przedmiotowe programy pozwolą ograniczyć wypadki przy pracy.

Bibliografia

1. Gałusza M., Wojciechowska-Piskorska H., Uzarczyk A. (2011). Bhp w transporcie - poradnik. Tarbonus Sp. z o.o.
2. Woropay M., Bojar P. (2005). Ocena stopnia ryzyka w komunikacji miejskiej. Diagnostyka'33 – artykuły XII konferencji„ Diagnostyka Maszyn Roboczych i Pojazdów"
3. Rączkowski B., (2020). Bhp w praktyce. ODDK Spółka z o.o. Sp. k.
4. Pietrzak L., (2017). Wypadek przy pracy. Państwowa Inspekcja Pracy
5. Krzyśków B., Ordysiński Sz., Pawłowska Z., Pęciłło-Pacek M., (2018). Badanie wypadków przy pracy. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
6. Bojar P., Woropay M., (2012). Analiza czynników wymuszających i ocena ryzyka w komunikacji tramwajowej. Czasopismo Logistyka
7. Woropay M., Bojar P., (2006). Analiza przyczyn powstawania zagrożeń w systemach transportu drogowego. Mechanika - Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej. Kielce

WYTRZYMAŁOŚĆ STATYCZNA I TWARDOŚĆ POWIERZCHNIOWA ZŁĄCZY SPAWANYCH ZE STOPU ALUMINIUM EN AW-5754 WYKONANYCH Z RÓŻNĄ WARTOŚCIĄ ENERGII LINIOWEJ SPAWANIA

Ligaj B.[1], Giętka T.[2], Grączewski A.[3]
[1] Bydgoska Szkoła Wyższa, Polska
[2] Oltech Bydgoszcz, Polska
[3] MacGregor Norway, Norway

Streszczenie. Energia liniowa spawania jest konwencjonalną miarą energii dostarczanej do jednostkowej długości spoiny i należy do głównych parametrów opisujących proces spawania. Jest ona rejestrowana niezależnie od innych parametrów procesu takich jak: prąd i napięcie spawania, temperatura podgrzewania elementów, temperatura międzyściegowa, średnica drutu, szybkość podawania drutu spawalniczego itp.
Zgodnie z normą PN-EN 1011-1:2009 pt. „Spawanie. Zalecenia dotyczące spawania metali. Część 1: Ogólne wytyczne dotyczące spawania łukowego", – energię liniową spawania Es oraz ilość wprowadzonego ciepła w złącze spawane Q wyrażają wzory:

$$Es = ((U \cdot I) / v) \cdot 10\text{-}3$$

$$Q = ((k \cdot U \cdot I) / v) \cdot 10\text{-}3$$

gdzie:
k – współczynnik sprawności cieplnej związany z metodą spawania,
U – napięcie prądu spawania, V,
I – natężenie prądu spawania, A,
v – liniowa prędkość spawania, mm/s.
Proces spawania materiałów metalowych jest związany z koniecznością stosowania ściśle określonych warunków i parametrów spawania. Zbyt niska energia liniowa spawania może skutkować powstawaniem niepełnych przetopów, zaburzeniami struktury SWC lub brakiem przetopu w złączu. Z kolei zbyt wysoka energia liniowa spawania może prowadzić do nadmiernej penetracji, przegrzania i rozrostu ziarna w SWC.
Celem niniejszej pracy jest analiza wpływu energii liniowej spawania Es (ilość wprowadzonego ciepła Q) na wytrzymałość statyczną i twardość powierzchniowa złączy spawanych ze stopu EN AW-5754.
Do badań przyjęto stop aluminium EN AW-5754 (znak stopu AlMg3) według normy PN-EN 573-3:2010 i PN-EN 573-3/AK:1998. Głównymi składnikami stopu jest: glin (Al), magnez (Mg), chrom (Cr) oraz mangan (Mn).
Podstawą realizacji badań było wykonanie złączy spawanych z różną wartością ilości wprowadzonego ciepła Q: 0,682 kJ/mm, 0,480 kJ/mm, 0,273 kJ/mm. Z wykonanych płyt próbnych pobrano próbki do badań w warunkach obciążeń statycznych. Wyniki badań wykazały zróżnicowane wartości umownej granicy plastyczności Rp0,2 oraz wydłużenia A dla złączy spawanych.
Słowa kluczowe: ilość wprowadzanego ciepła, energia liniowa spawania, wytrzymałość materiału, stop aluminium EN AW-5754, metod spawania MIG.

1. Wprowadzenie

1.1. Ogólne informacje o aluminium i jego stopach

Aluminium to plastyczny, srebrzysto-biały metal, charakteryzujący się niebieskawym odcieniem. Cechuje go wysoki połysk, jednak pod wpływem oddziaływania czynników atmosferycznych następuje jego matowienie i metal ten pokrywa się warstwą tlenku Al_2O_3 [14]. Szerokie zastosowanie aluminium wynika z jego właściwości, które obejmują:

a) wysoki stosunek wytrzymałości do masy – aluminium jest najlżejszym metalem (poza magnezem) o gęstości około 2,65÷2,85 kg/dm^3, co stanowi około 1/3 gęstości stali,

b) łatwość przetwarzania – aluminium jest jednym z najłatwiejszych metali do formowania i wytwarzania, w tym operacji takich jak: wytłaczanie, gięcie, walcowanie, ciągnienie, kucie, odlewanie i obróbka mechaniczna [11],
c) odporność na korozję – aluminium reaguje bardzo szybko z tlenem tworząc cienką i twardą powłokę tlenkową zapobiegającą dalszemu utlenianiu metalu [12],
d) wysoka przewodność elektryczna – aluminium przewodzi dwukrotnie więcej energii elektrycznej w porównaniu do miedzi, dzięki czemu stosowane na przewody,
e) wysoka przewodność cieplna – aluminium przewodzi ciepło trzy razy lepiej niż stopy żelaza, co jest korzystne zarówno dla zastosowań grzewczych, jak i chłodniczych,
f) wysoka wytrzymałość w temperaturach kriogenicznych – aluminium nie jest podatne na kruche pękanie w niskich temperaturach i ma wyższą wytrzymałość w niskich temperaturach, dzięki czemu jest używane na naczynia kriogeniczne,
g) odbicie – aluminium jest doskonałym odbłyśnikiem energii promieniowania, stąd jego zastosowanie do ogrzewania i odbłyśników lamp oraz w izolacji.
h) metal nietoksyczny – aluminium jest nietoksyczne, dlatego jest szeroko stosowane w przemyśle opakowań do żywności i napojów, a także rur i naczyń wykorzystywanych w przetwórstwie żywności,
i) recykling – aluminium można łatwo poddać recyklingowi co powoduje, że około 30% produkcji aluminium w USA pochodzi z recyklingu (aluminium wykonane z odzyskanego materiału wymaga tylko 5% energii potrzebnej do produkcji z boksytu).

Aluminium w stanie czystym ma niewielkie zastosowanie. Dodanie jednego lub więcej pierwiastków do czystego aluminium prowadzi do powstania stopu o innych właściwościach. Obecność dodatków stopowych w aluminium czasami pogarsza pewne cechy czystego metalu (takie jak: odporność na korozję lub przewodność elektryczną), co jest dopuszczalne w pewnych zastosowaniach, ponieważ inne właściwości (takie jak: wytrzymałość) mogą być znacznie zwiększone. Około 15-stu dodatków stopowych stosuje się jako domieszki do aluminium, co prowadzi do powstawania stopów aluminium. Chociaż zwykle dodatki stopowe zawierają mniej niż 10% stopu, mogą one znacznie wpływać na właściwości materiału [19]. Odmiany stopów aluminium [22]:

a) seria 1xxx – seria ta dotyczy czystego handlowego aluminium (≥ 99%) mającego zastosowanie na przewody elektryczne (przewodność elektryczna) i elementy armatury chemicznej (odporność na korozję),
b) seria 2xxx – podstawowym pierwiastkiem stopowym tej grupy jest miedź (Cu), która wpływa ona na uzyskanie wysokiej wytrzymałości stopu, ale zmniejsza jego odporność na korozję,
c) seria 3xxx – głównym pierwiastkiem stopowym jest mangan (Mn), który podwyższa wytrzymałość stopu o około 20% w stosunku do czystego aluminium oraz zapewnia jego odporność na korozję i łatwą obrabialność,
d) seria 4xxx – stopów tej serii dodawany jest krzem (Si) w celu obniżenia temperatury topnienia w zastosowaniach do spawania i lutowania twardego, a także zapewnienia dobrego płynięcia podczas wypełniania skomplikowanych form odlewniczych,
e) seria 5xxx – stopy tej serii zawierają magnez (Mg), dzięki temu są bardzo wytrzymałe i odporne na korozję (wytrzymałość stopów w tej serii jest wprost proporcjonalna do zawartości magnezu, która wynosi do około 6%),
f) seria 6xxx - stopy tej grupy zawierają magnez (Mg) i krzem (Si) w proporcjach, które tworzą krzemek magnezu (Mg_2Si) wpływającego na dobrą równowagę pomiędzy odpornością na korozję i wytrzymałością,
g) seria 7xxx – podstawowym pierwiastkiem stopowym tej serii jest cynk (Zn); seria 7xxx obejmuje dwie grupy stopów: stopy aluminium-cynk-magnez oraz stopy aluminium-

cynk-magnez-miedź, które należą do jednych z najwytrzymalszych stopów aluminium,

h) seria 8xxx – jest zarezerwowana dla pierwiastków stopowych innych niż te używane dla serii od 2xxx do 7xxx, m.in. żelazo (Fe) i nikiel (Ni) są używane do zwiększenia wytrzymałości bez znaczących strat w przewodności elektrycznej,

i) seria 9xxx – seria ta nie jest obecnie używana na elementy konstrukcyjne maszyn.

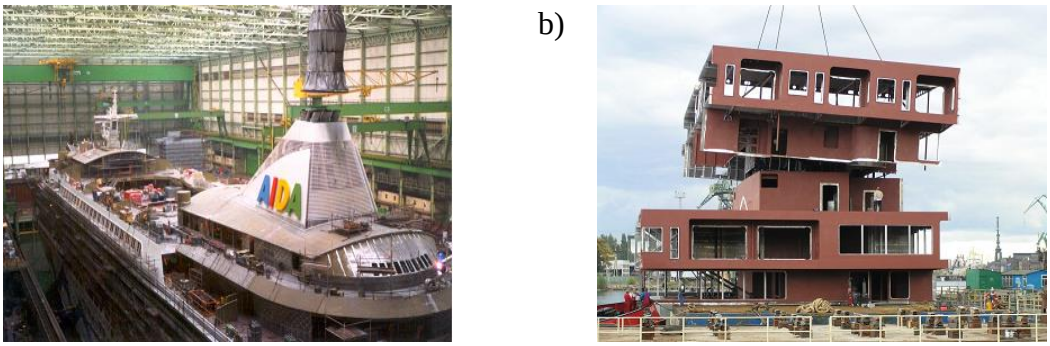
Właściwości fizyczne wybranych stopów aluminium przedstawiono na przykładzie blach gładkich dostępnych na rynku. Wskazane w tabeli 1 wybrane przykłady stopów aluminium różnią się właściwościami fizycznymi, czego powodem jest różny skład chemiczny.

Tabela 1. Właściwości gładkich blach aluminiowych wykonanych z wybranych gatunków stopów

Parametr	Właściwości stopów aluminium w postaci blach gładkich						
	EN AW-1050A	ENAW-2024	EN AW-3103	EN AW-5083	EN AW-6082	EN AW-7075	EN AW-8011A
Moduł Younga E, GPa	69,0	73,0	69,5	71,0	70,0	72,0	69,0
Moduł Kirchoffa G, GPa	25,9	27,4	26,1	26,8	26,4	27,1	26,0
Liczba Poissona	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Temp. krzepnięcia, °C	645	500	640	580	575	475	575
Temp. płynięcia, °C	658	640	655	640	650	635	650
Ciepło właściwe, J/kg·K	899	874	892	899	894	862	900
Współ. rozszerzal. cieplnej, µm/m·K	23,5	23,1	23,1	23,8	23,1	23,5	23,0
Gęstość ρ, kg/dm^3	2,70	2,79	2,73	2,66	2,71	2,81	2,71
Opór właściwy, nWm	29	57	41	60	31	52	30
Przewodność cieplna, W/m·K	229	121	160	117	216	134	237
Przewodność elektryczna, %IACS	59,5	30,0	42,0	28,5	55,5	33,0	56,0

Wysokimi właściwościami mechanicznymi charakteryzują się stopy serii: 2xxx, 5xxx, 6xxx i 7xxx. Spośród wskazanych grup stopów dobra spawalność metodami łukowymi cechuje serie 5xxx i 6xxx [3, 13]. Z uwagi na dobrą spajalność, wytrzymałość mechaniczną oraz wysoką odporność na korozję do badań przyjęto gatunek stopu aluminium z serii 5xxx, który w postaci blach gładkich stosowany jest w: przemyśle morskim (rys.1), przemyśle samochodowym (rys.2), kolejnictwie (rys.3), budowie zbiorników ciśnieniowych itp.

a) b)



Rys. 1. Przykłady zastosowania stopów aluminium w konstrukcjach morskich [21]

a)  b) 

Rys. 2. Przykłady zastosowania stopów aluminium w konstrukcjach samochodowych [20]

a)  b) 

Rys. 3. Przykłady zastosowania stopów aluminium w konstrukcjach kolejowych [20]

1.2. Spawanie stopów aluminium metodami MIG i TIG

Główne trudności procesu spawania elementów ze stopu aluminium wiążą się z [2]:

a) dużym powinowactwem aluminium do tlenu i powstaniem trudno topliwego tlenku Al_2O_3 (temperatura topnienia tlenku 2060°C),
b) wysokim poziomem przewodności cieplnej,
c) dużą rozszerzalnością cieplną,
d) wysokim skurczem odlewniczym (przyczyna odkształceń i naprężeń spawalniczych),
e) znacznym spadkiem wytrzymałości w temperaturach spawania,
f) utratą podczas spawania pierwiastków stopowych takich jak: magnez, cynk, lit.

Zasadniczym problemem spawania stopów aluminium jest niedopuszczenie do utworzenia, a w przypadku utworzenia, konieczność usunięcia warstewki Al_2O_3. Problemy spawalnicze mogą być wywołane przez dużą różnicę temperatur topnienia aluminium (Al) i Al_2O_3 (odpowiednio 660°C i 2060°C) oraz większy ciężar właściwy Al_2O_3 (4,0 g/cm^3) od ciekłego Al (2,4 g/cm^3). W związku z powyższym, cząstki Al_2O_3 opadają na dno spoiny będąc przyczyną porowatości. Wysoka rozpuszczalność wodoru w ciekłym aluminium oraz praktyczny brak rozpuszczalności w stanie stałym, mogą wpływać na powstawanie w złączach spawanych pęcherzy gazowych.

Następny problem to wysoka przewodność cieplna aluminium. Przyczynia się ona do łatwego nagrzania metalu do temperatury topnienia, a z drugiej jest przyczyną szybkiego chłodzenia materiału. Może to prowadzić do powstania w spoinie naprężeń spawalniczych, będących przyczyną zniszczenia złącza. Wysokie przewodnictwo cieplne aluminium stanowi przyczynę konieczności zwiększenia energii liniowej spawania. W sytuacji zastosowania metod spawania MIG i TIG jest to przyczyna szerokiej strefy wpływu ciepła w obrębie spoiny. Oddziałuje to także w sposób negatywny na wytrzymałość stopów aluminium w temperaturach wyższych od 500°C i jest przyczyną pęknięć gorących oraz dużej rozszerzalności cieplnej skutkującej powstawaniem znacznych naprężeń w spoinie [16].

W następstwie zmiany barw przejściowych w trakcie podgrzewania stopów aluminium trudno wskazać na stopień nagrzania metalu, a także bliskości punktu topienia. Taka sytuacja w sposób istotny przyczynia się do wykonania prawidłowego złącza. Podczas spawania

łukowego w osłonie gazów ochronnych ze stopów Al-Mg dochodzi do powstania gruboziarnistej struktury materiału spoiny, a także dokonuje się rekrystalizacja struktury materiału spawanego oraz zmiany właściwości mechanicznych w strefie wpływu ciepła (SWC) [3]. Właściwości użytkowe złączy spawanych uzależnia się od: technologii spawania, zastosowanego do spawania spoiwa, od stopnia zgniotu materiału spawanego. Skład chemiczny drutów spawalniczych wykorzystywanych podczas spawania stopów aluminium przerobionych plastycznie należy dostosować do materiału podstawowego [16].

Obecnie najczęściej proces spawania elementów ze stopu aluminium realizuje się dwiema metodami: MIG i TIG.

Metoda MIG zazwyczaj stosowana jest dla materiałów o grubości powyżej 1 mm. Uchwyt spawalniczy powinien być ustawiony prawie prostopadle do blach (kąt odchylenia pistoletu nie większy niż 15÷20°). Proces spawania należy prowadzić bez przerw i możliwie krótkim łukiem (odległość dyszy gazowej pistoletu od materiału nie powinna przekraczać 20 mm). Elementy o grubościach powyżej 6 mm zaleca się spawać wielowarstwowo. Stosując tę metodę, można spawać w pozycjach poziomej, pionowej i naściennej [1]. Parametry spawania podano w tabeli 2. W procesie spawania metodą MIG łuk i spoina chronione są przed zanieczyszczeniami atmosferycznymi osłoną gazową. Do zalet metody MIG można zaliczyć możliwość spawania zarówno ręcznego, półautomatycznego czy zautomatyzowanego [15]. Dodatkową zaletą jest powszechność dostępu sprzętu oraz możliwość wykonywania złączy spawanych w warunkach montażowych. Analizując zalety i wady metody MIG (metody 131) w odniesieniu do realizacji procesu spawania, do zalet można zaliczyć: dużą wydajność procesu, małą strefę nagrzewania, niewielkie odkształcenia materiałów łączonych. Natomiast do wad należy zaliczyć: skłonność do powstania wad zewnętrznych (typu: potopienia, wypukłe lico itp.), skłonność do powstania porowatości (przy spawaniu w pozycjach przymusowych).

Stosowaną metodą spawania stopów aluminium jest spawanie łukiem elektrycznym w osłonie gazowej przy pomocy elektrody nietopliwej – metoda TIG (metoda 141). Metoda TIG oparte jest na wytwarzaniu łuku elektrycznego przy pomocy nietopliwej elektrody wolframowej [18]. Łuk elektryczny, wytwarzany między elektrodą a spawanym przedmiotem, topi powierzchnię materiału. Jeżeli stosowany jest materiał dodatkowy, należy wprowadzić go do jeziorka spawalniczego ręcznie. Spoiwo zazwyczaj występuje w postaci pręta o odpowiednio dobranej średnicy. Proces spawania odbywa się w osłonie gazu obojętnego (argonu, helu lub mieszaniny tych gazów). Zadaniem gazu jest ochrona spoiny oraz elektrody przed utlenieniem (nie ma wpływu na proces metalurgiczny). Jedną z najważniejszych zalet metody TIG jest możliwość spawania prawie wszystkie stopów metali w dowolnej pozycji (dotyczy to również bardzo cienkich blach począwszy od grubości 0,5 mm). Metoda ta umożliwia uzyskanie wysokiej jakości spoiny. Dodatkowymi atutami spawania metodą 141 są: łatwa kontrola nad jeziorkiem spawalniczym, brak rozprysku ciekłego metalu oraz duże możliwości zautomatyzowania opisywanej metody. Do wad metody TIG należy: mała wydajność procesu spawania oraz duża strefa nagrzewania materiału wpływająca na wartość odkształceń/naprężeń (a tym samym na skurcz).

Tabela 2. Parametry czołowego spawania metali lekkich metodą MIG [1]

Grubość materiału	Średnica drutu elektrodowego	Natężenie prądu	Napięcie łuku	Prędkość podawania drutu elektrodowego	Zużycie argonu	Szybkość spawania
mm	mm	A	V	m/min	l/min	mm/min
2	0,8	90–130	22 – 24	7,5	12	700
3	1,0	100–150	22 – 24	6,0	14	650
4	1,2	150–200	24 – 25	5,0	14	600
5	1,6	180–240	24 – 25	4,6	15	600
6	1,6	220–270	24 – 25	5,0	15	600
8	2,0	250–300	25 – 26	4,8	18	550
10	2,0	280–320	26 – 28	5,0	18	500
12	2,4	300–370	26 – 28	3,8	18	450
20	2,4	350–400	26 – 28	4,0	20	300
* Spoiny pachwinowe wykonuje się przy natężeniach prądu wyższym o około 10-20%						

1.3. Ilość wprowadzanego ciepła w złącze spawane (energia liniowa spawania)

Energia liniowa spawania jest konwencjonalną miarą energii dostarczanej do jednostki długości spoiny [4] i należy do głównych parametrów spawania. Jest ona rejestrowana niezależnie od innych parametrów procesu spawania takich jak: prąd i napięcie spawania, temperatura podgrzewania elementów, temperatura międzyściegowa, średnica drutu, szybkość podawania drutu spawalniczego itp.

Zgodnie z normą PN-EN 1011-1:2009 pt. „Spawanie. Zalecenia dotyczące spawania metali. Część 1: Ogólne wytyczne dotyczące spawania łukowego”, – energię liniową spawania E_s oraz ilość wprowadzonego ciepła w złącze spawane Q wyrażają wzory [23]:

$$E_s = ((U \cdot I) / v) \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

$$Q = ((k \cdot U \cdot I) / v) \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

gdzie:

k – współczynnik sprawności cieplnej związany z metodą spawania,
U – napięcie prądu spawania, V,
I – natężenie prądu spawania, A,
v – liniowa prędkość spawania, mm/s.

Rozwój metod spawania łukowego wykorzystujących impulsowe źródła prądu doprowadził do sytuacji, w której tradycyjny sposób pomiaru ciepła doprowadzonego do materiału jest co najmniej dyskusyjny. Na rzeczywisty odbiór ciepła wpływa sposób jego dostarczenia, a w szczególności: geometria źródła ciepła [5, 7, 10], rodzaj i kształt przebiegu prądu, biegunowość prądu oraz sposób transportu materiału w łuku [6, 8].

Na rzeczywistą wartość doprowadzonego ciepła do elementów poddawanych procesowi spawania mają wpływ [9]:

a) czynniki materiałowe tj.: skład chemiczny spoiny i skład chemiczny materiałów bazowych, rodzaj gazu osłonowego, rodzaj topnika, skład chemiczny aktywatora,
b) czynniki geometryczne tj.: średnica elektrody, grubość spawanych elementów,

c) czynniki technologiczne tj. temperatura otoczenia, temperatura podgrzania, rodzaj spoiny, sposób ukosowania, położenie i kierunek zgrzewania, rodzaj ściegu, wydłużenie elektrody.

Uwzględnienie wszystkich czynników wpływających na rzeczywistą wartość doprowadzonego ciepła do spawanych materiałów jest wręcz niemożliwe, jeśli jeszcze uwzględni się parametry procesu tj. napięcie i natężenie prąd oraz prędkość spawania. Ze względu na możliwości techniczne związane z poziomem zaawansowania technologicznego urządzeń technicznych stosowanych w procesie spawania istnieje możliwość kontrolowania parametrów napięciowo-prądowych podczas wykonywania złączy spawanych. W warunkach przemysłowych jest to prosta metoda nadzorowania procesu spawania i zapewnienia powtarzalności realizacji procesu.

1.4. Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest analiza wpływu energii liniowej spawania E_s (ilość wprowadzonego ciepła Q) na wytrzymałość statyczną i twardość powierzchniowa złączy spawanych ze stopu EN AW-5754.

2. Metoda badawcza

2.1. Materiał do badań

Do badań przyjęto stop aluminium EN AW-5754 (znak stopu AlMg3) według normy PN-EN 573-3:2010 i PN-EN 573-3/AK:1998. Głównymi składnikami stopu jest: glin (Al), magnez (Mg), chrom (Cr) oraz mangan (Mn).

Badanie składu chemicznego blach na próbki badawcze wykonano metodą spektrometrii iskrowej na spektrometrze iskrowym Spectrolab LAV M5 ze wzbudzeniem iskrowym w osłonie gazu obojętnego (argon 5.0). Szczegółowy skład chemiczny stopu podano w tabeli 3.

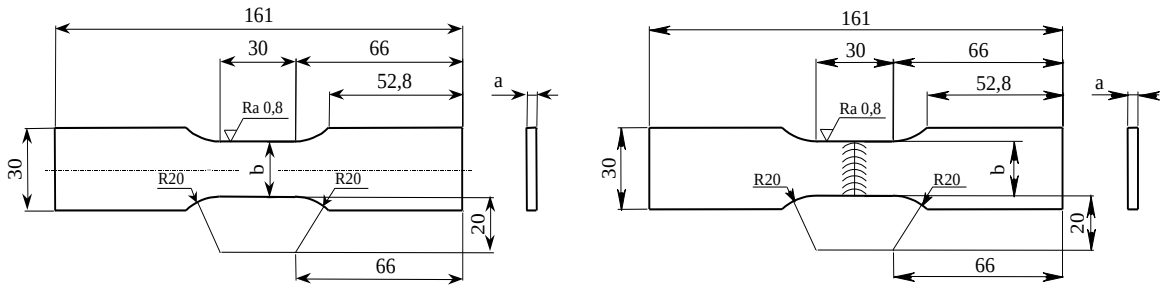
Tabela 3. Skład chemiczny stopu aluminium EN AW-5754

	Wybrane pierwiastki stopowe oznaczone zgodnie z układem okresowym									
	Mg	Mn	Si	Fe	Cr	Zn	Ti	Cu	Inne	Al
	%	maksymalne stężenie pierwiastków w % udziału masowego								%
Według PN-EN 573-3	2,60÷3,60	0,50	0,40	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10	0,15	reszta
Badania własne (śred. arytmet.)	2,73	0,273	0,211	0,343	0,051	0,021	0,024	0,040	0,009	reszta

2.2. Próbki do badań

Próbki do badań złączy spawanych wykonano z płyt próbnych o wymiarach: szerokość B = 240 mm, długość L = 300 mm, nominalnej grubość blachy g = 4,0 mm. Badania w warunkach obciążeń statycznych przeprowadzono na próbkach (rys. 4) wykonanych według normy
PN-84/H-04334. Nominalne wymiary próbek wynosiły: a = 4,0 mm, b = 20 mm.

a) b)



Rys. 4. Cechy geometryczne próbki do badań w warunkach obciążeń statycznych:a – blachy ze stopu aluminium EN AW-5754, b – złączy spawanych stopu aluminium EN AW-5754

Tabela 4. Parametry procesu spawania płyt próbnych na próbki do badań

Metoda spawania (wariant parametrów spawania)	Parametry spawania					Energia liniowa spawania E_s	Ilość wprowadzonego ciepła Q
	Prąd polaryzacji	Średnia wartość napięcie prądu U	Średnia wartość natężenie prądu I	Liniowa prędkość spawania v	Współczynnik k		
---	---	V	A	mm/s	---	kJ/mm	kJ/mm
Metoda 131 (Wariant nr 1)	DC (+)	28,0	180	5,91	0,8	0,853	0,682
Metoda 131 (Wariant nr 2)	DC (+)	25,0	160	6,67	0,8	0,600	0,480
Metoda 131 (Wariant nr 3)	DC (+)	18,5	135	7,32	0,8	0,341	0,273

Proces spawania blach ze stopu EN AW-5754 przeprowadzono metodą MIG (metodą spawania 131) z zastosowaniem różnych parametrów technicznych przy pomocy urządzenia Kemppi Flexlite X5 FastMig. Zastosowano spoinę typu V wykonywaną w pozycji PA (wg normy PN-EN ISO 6947:2020-03). W procesie spawania użyto drut spawalniczy ESAB OK Autrod 5183 o średnicy d = 1,2 mm, gaz osłonowy argon, zużycie gazu osłonowego 16-20 l/min. Drut aluminiowy ESAB OK Autrod 5183 posiada następujący skład chemiczny: Si < 0,40%, Mn = 0,80%, Fe < 0,40%, Mg = 4,80% i reszta Al. Właściwości mechaniczne drutu: R_e = 140 MPa, R_m = 290 MPa, A_5 = 25% i KV=30 J (20°C). Wartości parametrów spawania użytych w przygotowaniu płyt próbnych zestawiono w tabeli 4, a wartości: energii liniowej spawania E_s oraz ilość wprowadzonego ciepła Q obliczono ze wzoru (1) i (2).

2.3. Metoda badań

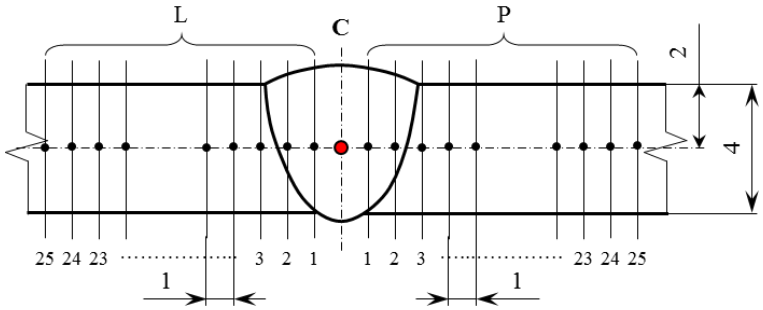
Badania w warunkach obciążeń statycznych, blachy ze stopu EN AW-5754 oraz złączy spawanych wykonanych wg przyjętych wariantów spawania, przeprowadzono zgodnie z zaleceniami normy PN-EN ISO 6892-1:2020-05. Parametrem sterującym podczas badań było przemieszczenie tłoka maszyny wynoszące v = 0,05 mm/s.

Badania właściwości blach przeprowadzono na próbkach, których postać geometryczną przedstawiono na rysunku 4.a. Próbki do badań pobrano według dwóch sposobów: zgodnie z kierunkiem walcowania i prostopadle do kierunku walcowania. Nominalna grubość próbek g = 4.0 mm, a ich szerokość h = 20 mm.

Badania właściwości złączy spawanych przeprowadzono na próbkach, których postać geometryczną przedstawiono na rysunku 4.b. Próbki wykonano z płyt próbnych, w których

zastosowano grubość blachy g = 4,0 mm. Nominalna szerokość części pomiarowej próbki wynosiła h = 20 mm.

Złącza spawane poddano pomiarowi twardości metodą Vickersa według normy PN-EN ISO 6507-1:2018-05 pt. *„Metale. Pomiar twardości sposobem Vickersa. Część 1: Metoda badania”*. Podczas badań stosowano wgłębnik w postaci czworobocznego foremnego ostrosłupa diamentowego o kącie wierzchołkowym 136°. Obciążenie pomiarowe wynosiło F = 9,81 N, co pozwoliło na wyznaczenie twardości w skali HV1. Pomiary twardości przeprowadzono na przygotowanych próbkach zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 5.



Rys. 5. Schemat pomiarów twardości złączy spawanych

3. Wyniki badań i ich analiza

Właściwości mechaniczne blachy EN AW-5754 w warunkach obciążeń rozciągających przedstawiono w tabeli 5, w której podano wartości średniej arytmetycznej parametrów wraz z wartością odchylenia standardowego.

Wyniki badań właściwości mechanicznych złączy spawanych wykonanych wg przyjętych wariantów spawania przedstawiono w tabeli 6, w której podano wartości średniej arytmetycznej parametrów wraz z wartością odchylenia standardowego.

Tabela 5. Właściwości statyczne blachy ze stopu aluminium EN AW-5754

Kierunek pobierania próbek do badań	Właściwości statyczne blachy ze stopu EN AW-5754				
	$R_{p\,0.2}$	R_m	E	A	Z
	MPa	MPa	GPa	%	%
Wzdłuż kier. walcowania	150,4±2,4	310,5±7,1	71,9±0,6	25,6±3,5	33,2±0,4
Poprzecznie do kier. walcowania	111,1±0,7	217,6±0,1	68,6±0,8	27,2±1,3	31,4±1,1

Tabela 6. Właściwości statyczne złączy spawanych

Ilość wprowadzonego ciepła Q	Właściwości statyczne złączy spawanych			
	$R_{p\,0.2}$	R_m	A	Z
	MPa	MPa	%	%
Wariant nr 1 (Q = 0,682 kJ/mm)	111,9±12,8	310,8±6,0	14,4±2,6	16,2±0,4
Wariant nr 2 (Q = 0,480 kJ/mm)	137,0±8,7	310,4±3,2	12,9±0,9	16,4±0,6
Wariant nr 3 (Q = 0,273 kJ/mm)	139,6±0,9	314,5±0,2	19,1±0,6	28,2±1,8

Spośród analizowanych wariantów spawania najwyższe wartości $R_{p0,2}$ uzyskano dla wariantu nr 3, który charakteryzował się najniższą wartością ilości wprowadzonego ciepła Q = 0,273 kJ/mm. Spadek wartości umownej granicy plastyczności dla złącza spawanego wynosi δ_x = 7,2% w stosunku do umownej granicy plastyczności blachy EN AW-5754 (tabela

6). Najniższą wartość $R_{p0,2}$ uzyskano dla wariantu spawania nr 1 charakteryzującego się najwyższą wartością parametru Q = 0,682 kJ/mm, co stanowiło spadek o wartość δ_x = 25,6%.

W przypadku analizy wytrzymałości na rozciąganie R_m stwierdzono, że wyniki badań uzyskane dla złączy spawanych są zgodne z wynikiem R_m dla materiału rodzimego (tj. blachy EN AW-5754 – wzdłuż kierunku walcowania). Spadek wartości R_m wynoszący około 30,0% obserwuje się dla próbek pobranych z blachy EN AW-5754 poprzecznie do kierunku walcowania.

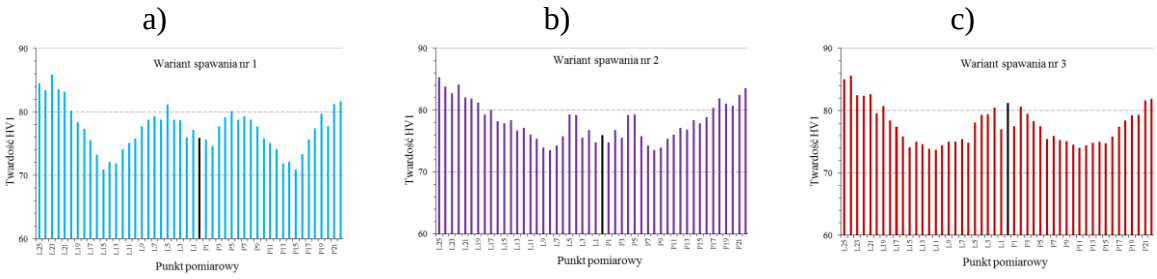
Analiza wartości wydłużenia A dla badanych próbek wskazuje, że najwyższe wartości uzyskano dla wariantu nr 3, który charakteryzował się najniższą wartością ilość wprowadzonego ciepła Q = 0,273 kJ/mm. Spadek wartości wydłużenia dla złącza spawanego wyniósł δ_x = 25,4% w stosunku do wydłużenia blachy. Najniższą wartości A uzyskano dla wariantu spawania nr 2 charakteryzującej się wartością Q = 0,480 kJ/mm, co stanowiło spadek o δ_x = 49,6%.

Na podstawie przeprowadzonych badań określono stosunek $R_{p0,2}/R_m$ dla:

- blachy EN AW-5754 wzdłuż kierunku walcowania – $R_{p0,2}/R_m$ = 0,484,
- złącza spawanego wykonanego wg wariantu nr 1 – $R_{p0,2}/R_m$ = 0,360,
- złącza spawanego wykonanego wg wariantu nr 2 – $R_{p0,2}/R_m$ = 0,441,
- złącza spawanego wykonanego wg wariantu nr 3 – $R_{p0,2}/R_m$ = 0,444.

Najbliższą wartość stosunku $R_{p0,2}/R_m$, charakteryzującego blachę EN AW-5754, uzyskano dla złączy spawanych wykonanych według wariantu nr 2 i nr 3.

Przeprowadzone badania twardości złączy spawanych, wykonanych wg przyjętych wariantów parametrów spawania, pozwoliły na wyznaczenie uśrednionych przebiegów zmienności twardości HV1 przedstawionych na rysunku 6. Uśrednienie wartości polegało na wyznaczenie wartości średniej z trzech pomiarów wykonanych w określonych punktach pomiarowych. Na wymienionych rysunkach kolorem czarnym oznaczono kolumnę odpowiadającą twardości w osi złącza spawanego tj. w spoinie.



Rys. 6. Przebieg zmian uśrednionej twardości HV1 w złączu spawanym wykonanym wg wariantu: a - nr 1 (Q = 0,682 kJ/mm), b - nr 2 (Q = 0,480 kJ/mm), c - nr 3 (Q = 0,273 kJ/mm)

Analizując przebiegi zmian twardości HV1 (rys.6) można stwierdzić, że odpowiadają one poprawnie wykonanym złączom spawanym dla stopów aluminium. Dostrzegalne różnice na wykresach dotyczą wartości twardości w poszczególnych strefach złącza. Analizując uzyskane wyniki w obszarze S można zauważyć, że różnica wartości maksymalnej i minimalnej dla złącza wykonanego wg wariantu: nr 1 – 6,6 HV1, nr 2 – 4,5 HV1, nr 3 – 4,2 HV1. Uśrednione minimalne wartości twardości w obszarze SWC po lewej i prawej stronie spoiny posiadają zbliżone wartości dla wszystkich wariantów spawania. W przypadku wariantu spawania nr 2 i nr 3 wartości twardości mieszczą się w zakresie od 73,6 HV1 do 74,0 HV1, natomiast dla wariantu nr 1 uśredniona wartość twardości wynosi około 71,0 HV1.

4. Podsumowanie

Na podstawie analizy wyników badań można stwierdzić, że:

a) najniższy spadek umownej granicy plastyczności badanych złączy spawanych w odniesieniu do $R_{p0,2}$ blachy EN AW-5754 uzyskano dla najniższej ilości wprowadzonego ciepła Q = 0,273 kJ/mm (energii liniowej spawania E_s),
b) wytrzymałość materiału na rozciąganie R_m złączy spawanych mieściła się w zakresie R_m blachy EN AW-5754,
c) badania wykazały spadek wartości wydłużenia A złączy spawanych w stosunku do wartości dla blachy EN AW-5754; najniższy spadek uzyskano dla złączy spawanych wykonanych z najniższą wartością Q = 0,273 kJ/mm,
d) przebieg zmian wartości twardości wszystkich badanych złączy spawanych odpowiadają znanym z literatury przebiegom zmian wymienionego parametru,
e) lokalizacja minimalnych uśrednionych wartości twardości względem osi symetrii spoiny znajduje się:
   - dla wariantu nr 1 (Q = 0,682 kJ/mm) – około 15 mm od osi,
   - dla wariantu nr 2 (Q = 0,480 kJ/mm) – około 8 mm od osi,
   - dla wariantu nr 3 (Q = 0,273 kJ/mm) – około 11 mm od osi,
f) strefa wpływu ciepła dla poszczególnych złączy spawanych posiada różną wielkość, która jest związana z ilością wprowadzonego ciepła (energią liniową spawania); potwierdzają to wyniki badań strukturalnych i badań twardości materiału nie prezentowanych w tej pracy ze względu na jej objętość.

Bibliografia

1. Bryś S., 1970. Poradnik spawalniczy. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
2. Czechowski M., 2015. Nowe metody spajania stopów aluminium stosowanych na konstrukcje morskie. Logistyka. 3, 851-856.
3. Ferenc K., 2018. Spawalnictwo. Wydawnictwo WNT, Warszawa.
4. Funderburk R.S., 1999. A look at the heat input. Welding Innovation. 16 (1), 8-11.
5. Kensik R., 2006. Ocena energii liniowej w procesach MIG/MAG. Przegląd Spawalnictwa. 78(9-10), 5-8.
6. Kensik R., Kudła K., 2000. Moc impulsowego łuku spawalniczego. Przegląd Spawalnictwa. 72(7-8), 5-8.
7. Kensik R., Nocuń A., 1999. Analiza energii liniowej spawania łukowego. VII Konferencja Spawalnicza Energetyków, Ślesin k. Konina 05-07.09.1995, Mat. Konf., 43-52.
8. Krawczyk R., Plewniak J., Sujewicz K., 2006.Spawanie metodą MAG grubościennych rurociągów energetycznych ze stali 13HMF – optymalizacja warunków procesu. Przegląd Spawalnictwa. 78(9-10), 36-43.
9. Kudła K., Wojsyk K., 2010. Możliwości ograniczania ilości wprowadzanego ciepła podczas procesów napawania. XVII Konferencja „Spawanie w energetyce”, Opole–Turawa 20-21.04.2010. Mat. Konf., 100-110.
10. Kudła K., Wojsyk K., 2012. Czy sposób doprowadzenia ciepła ma istotny wpływ na geometrię spoin? Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach. 56(5), 140-144.
11. Michalski B., 2008. Rynek aluminium. Wybrane międzynarodowe rynki towarowe. Wrocław.
12. Mizerski J., 2008. Spawanie, wiadomości podstawowe. Wydawnictwo REA. Warszawa.
13. Pilarczyk J., 2003. Poradnik inżyniera. Spawalnictwo, Wydawnictwo WNT. Warszawa.

14. Serbiński J., 1996. Aluminium i jego stopy. Metaloznawstwo. Gdańsk.
15. Woźny P., Błachnio J., 2016. Ocena jakości połączeń spawanych stopów aluminium metod tomografii komputerowej. Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management. 80, 198-218.
16. Woźny P., Błachnio J., Dragan K., 2017. Jakość spawów elementów ze stopów Al wojskowych statków powietrznych wykonanych metodą spawania łukowego. Journal of KONBiN. 44, 321-332.
17. http://www.emetal.eu/aluminium/blachy_aluminiowe/ (dostęp 05.10.2021r.).
18. http://www.netspaw.pl/metody-spawania-podstawy,39.html (dostęp 17.02.2022r.).
19. https://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=GatunkiAluminium&LN=PL (dostęp 08.10.2021r.).
20. http://www.al5holding.com/en/news/prospects-for-the-use-of-aluminum-in-the-automotive-industry/ (dostęp 11.10.2021r.).
21. http://www.alushіp.com/shipbuilding/superstructures-for-passenger-vessels/#Aluminium%20passenger%20vessel%20superstructures%20loading (dostęp 07.10.2021r.).
22. Polska norma: PN-EN 573-1: 2006, Aluminium i stopy aluminium. Skład chemiczny i rodzaje wyrobów przerobionych plastycznie. Część 1: System oznaczeń numerycznych.
23. Polska norma: PN-EN 1011-1:2009, Spawanie. Zalecenia dotyczące spawania metali. Część 1: Ogólne wytyczne dotyczące spawania łukowego, 2009.

DESIGNING A DEVICE FOR DISTRIBUTING DOWN IN GARMENT PARTS BEFORE THE QUILTING OPERATION

Lonskyi V., Karmalita A.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The production of down-filled outerwear is a complex process with a large number of operations and intermediate stages. This topic deals with the intermediate stage of manufacturing, namely the distribution of artificial filler in the chamber of the garment before the quilting operation.
The development is based on the technology of filling down into the part chamber just before the quilting operation. This technology is the least time-consuming in terms of filling time and does not require expensive equipment for filling with artificial down.
In this project, it is proposed to replace the manual process with a device that will disperse the filler into the part chamber directly when the chamber is filled.
The device consists of an actuator: a tip with a multidirectional nozzle located in front of the down feed tube of the filling machine, and a control body with electric valves that will supply air in the direction of the nozzle with different pulse frequencies.
Thus, by correctly selecting the time of the short-term pulse for each nozzle, we will be able to achieve a uniform distribution of the filler at the filling stage, which in turn will eliminate or significantly reduce the process of manual distribution of the filler in the chamber of the part.
Keywords: down filler, chamber, air, nozzles, stuffing, flowing.

Modern garment production facilities are moving towards maximum automation to improve quality and reduce product costs. This is especially true for outerwear manufacturers who work with down-filled jackets. The use of down filling requires the use of expensive automated equipment such as machines for filling parts with down, and automatic sewing machines for sewing on a large field. Without such equipment, high-quality sewing of a down jacket is impossible.

One of the most common fillers is artificial down, or aero down. This artificial filler is a polyester siliconised fibre. Comparing artificial down to its natural bird down counterpart, we can identify such advantages as relatively low cost, ease of manufacture and hypoallergenicity.

In the manufacture of outerwear with down filling, it is mandatory to unbutton the parts to avoid the filler from being knocked into the middle chambers of the parts.



Figure 1 - Simple stitching design



Figure 2- Complex stitching design

The production of a down-filled jacket can be divided into the following stages:

The first stage involves cutting the fabric into the upper parts, cutting the lining and auxiliary materials. When making a down-filled jacket, we additionally cut the auxiliary fabric parts to the size of the upper parts for the down filling chamber.

The second stage is to prepare the parts for filling with insulation material. To fill the parts with down, a chamber is first prepared. To do this, two parts of additional material are sewn onto the top part, forming a chamber for down (Fig. 3). This design does not allow the filler to spill out if the top part is damaged.

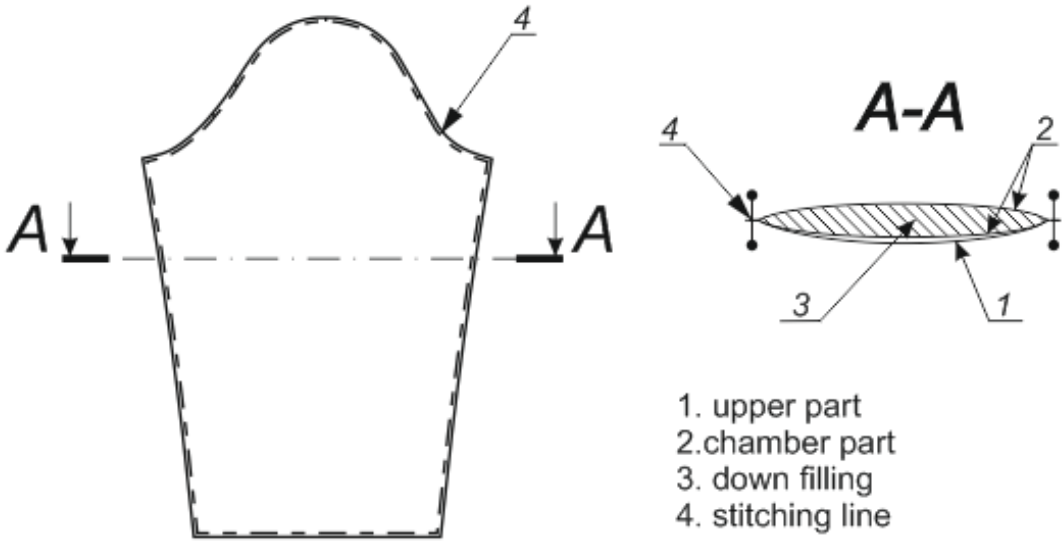


Figure 3- Preparing parts for down filling

The third stage is filling the pattern chamber with down and preparing the pattern for stitching. The part is filled using specialised equipment - a down filling machine. A pre-weighed portion of down is blown into the pattern chamber under pressure. After filling, it is necessary to distribute the down evenly over the chamber of the part, for this purpose, workers use special clappers to disperse the filler around the chamber by hitting the part. When the part is prepared, it is sent to the stitching operation on a template sewing machine.

The fourth stage is the assembly of the product. After all the parts of the top are prepared and stitched, they are sent to the assembly line, where the jacket is fully stitched into a finished product.

The fifth stage is quality control and packaging. After the product is finished, it is checked by the Quality Control Department, and if it is of the proper quality, it is then packaged and sent to the finished goods warehouse.

Specialised equipment is used to work with down filling - down filling machines. This equipment can be divided into several types:

Semi-automatic machines for filling parts with down (Fig. 4). These machines consist of electronic scales with a conical container above them. The operator manually throws down into the container and, when the required weight is reached on the scales, blows a portion of the down into the part chamber by pressing the pedal.

Automated lines for filling parts with down (Fig. 6). Such lines are usually modular and consist of a vacuum cleaner for filling the hopper with down, a hopper for fluffing and mixing the filler, a weighing chamber, and an operator's workstation.

Automated machines for filling parts with down (Fig. 5). Such machines differ from automated lines in their layout, with all units in one housing, and in their lower productivity



Figure 4



Figure 5



Figure 6

The technology for filling parts with down is the same on all types of machines, namely: The filler portion is weighed, depending on the equipment, either by the machine or by the

operator. The chamber of the part is pulled over the nozzle of the machine with a technological hole

The operator, holding the part firmly on the nozzle of the machine, presses the control pedal, after which the machine blows a portion of down into the part chamber using compressed air. To prevent the down filling from being forced into the end of the part, the operator touches the part approximately in the middle with one hand, thereby trapping the filling in the centre of the chamber.

The main differences between the types of down filling machines are performance and cost.

A technical hole needs to be sewn in the chambers of the parts filled with down. The opening is sewn on a conventional straight-line lockstitch machine along the line of sewing the chamber to the top piece

After the chamber of the part is filled with down and sewn, a very important step is to distribute the down filling evenly throughout the chamber of the part. This operation is performed by hand workers, who use special clappers to disperse the down filling around the chamber by hitting the part. This process is quite labour-intensive and, with a large number of parts and batches of products, requires the involvement of a large number of handmade workers, which in turn increases the cost of the product.



Figure7

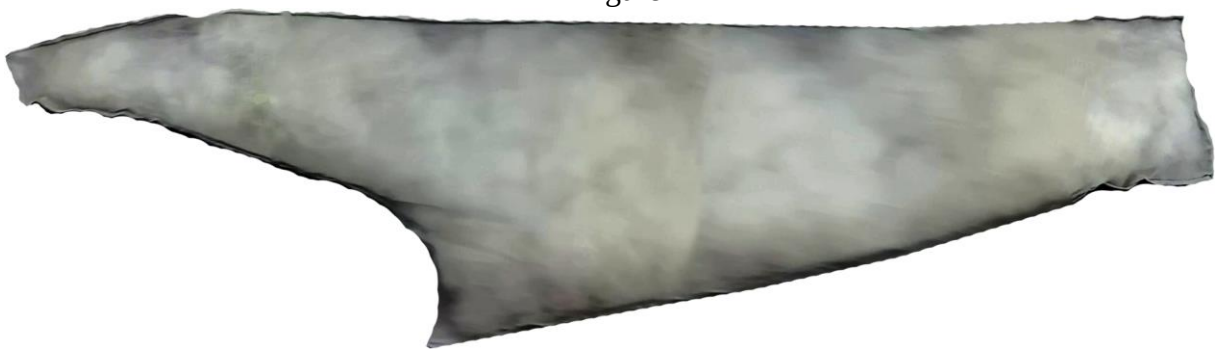


Figure 8

To reduce the time spent on the preparatory operation of distributing the down filler into the part chamber, it is proposed to mechanise this process. One of the options for mechanisation is to replace manual work with a pneumatic device. The device is mounted rigidly on the nozzle of the down filling machine and interacts with the down filling after filling the part chamber and before removing the part from the machine. The device disperses the down filling by means of short-term pneumatic pulses emitted from the nozzles of the nozzle tip in different directions. The time of the pulses can be adjusted from the control panel, according to the shape, size of

the part and the amount of down filling. This is possible by using solenoid valves that are connected to the nozzles via pneumatic lines and controlled from the control panel. The air pressure is regulated at the inlet to the pneumatic line of the device, using a mechanical pressure regulator with a pressure gauge.

The device is an independent mechanism that works in conjunction with a down filling machine and has the following design. (Fig. 9)

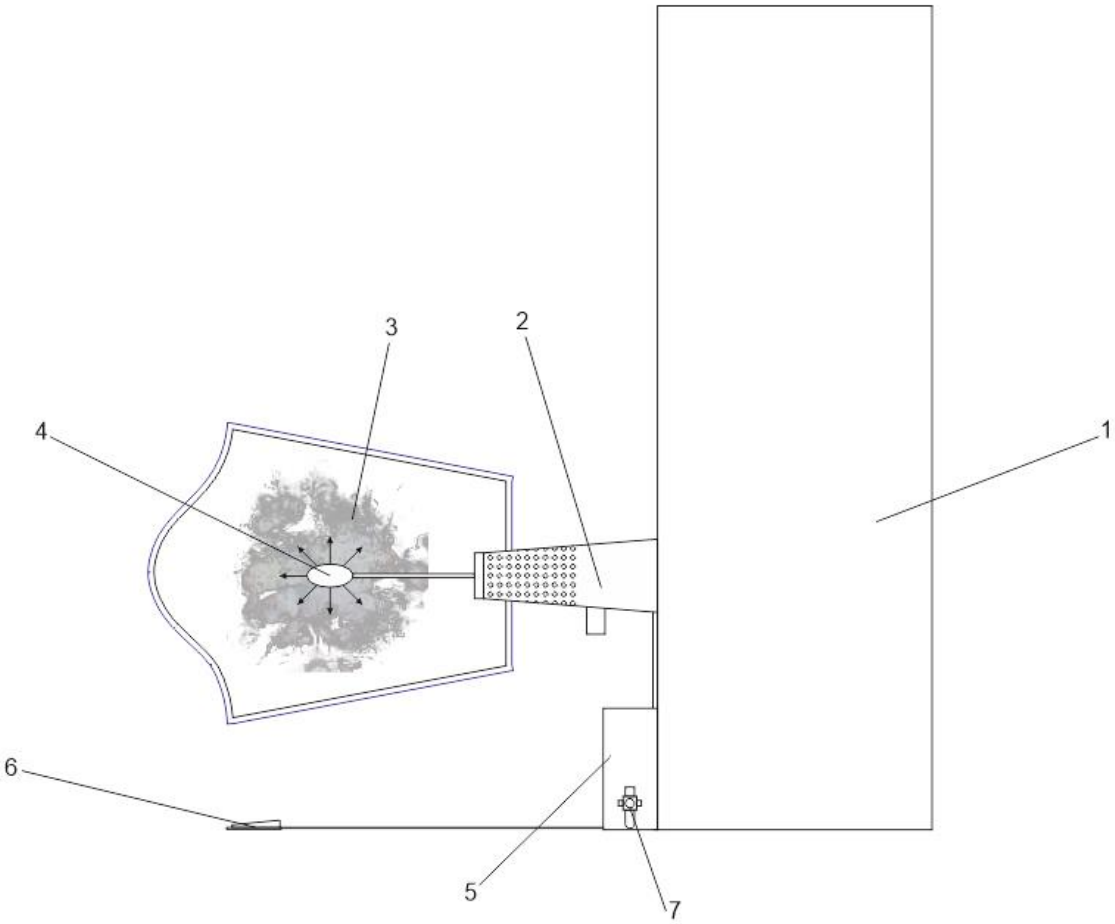


Figure 9 - Diagram of a down filling machine with a distribution device

1.Down filling machine

2.Machine nozzle through which the down is fed by compressed air

3.The chamber of the part with blown down

4.The nozzle of the device through which directed air is to be supplied for a short time to distribute the down in the part chamber

5.Device control unit.

6.Pedal for switching on the air supply

7.Pressure regulator with pressure gauge

With the correct setting of the device pulse time in relation to the size, shape, and amount of down filling, we can get a ready-to-stitch part immediately after sewing the part chamber. This will reduce the preparation time for stitching and simplify the preparation technology by eliminating manual work from the preparation stages. This, in turn, will significantly reduce the cost of the product.

Conclusions.

In this project, it is proposed to replace the manual process with a device that will disperse the filler through the part chamber directly when the chamber is filled.

The device consists of an actuator: a tip with a multidirectional nozzle located in front of the down feed tube of the filling machine, and a control body with electric valves that will supply air in the direction of the nozzle with different pulse frequencies.

Thus, by correctly selecting the time of the short-term pulse for each nozzle, we can achieve a uniform distribution of the filler at the filling stage, which in turn will eliminate or significantly reduce the process of manual distribution of the filler in the part chamber.

Bibliography

1. Mechanical technology and equipment of sewing production. Laboratory workshop for students of specialities "Equipment of light industry and consumer services", "Technology of sewing products". Part 3. / P.G. Kapustensky, E.A. Manziuk, O.S. Polishchuk, S.P. Lisevych - Khmelnytskyi: KhNU, 2009. - 104 p.
2. Кінець форми

СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ У ГАЛУЗІ ШОВКОТРАФАРЕТНОГО ДРУКУ

Лозінський О., Онофрійчук В.
Хмельницький національний університет, Україна

Abstract. In the light industry, such a printing technology is common, in which the image is obtained by pushing paint through the holes in the stencil, followed by drying and fixing - this is the silk screen printing technology. For applying a print, a printing form based on a sieve fabric is used, which allows you to apply a monochrome or full-color image on almost any surface
Each stage of the technological process of silk screen printing involves the use of specialized equipment, the design and manufacture of such technological equipment is engaged in machine-building enterprises of various scales in many countries of the world.
In order to analyze the possibilities of automation of the simplest samples of screen printing presses, intended for use in the conditions of individual and small entrepreneurship, the article examines technological equipment intended for performing the operation of directly applying a layer of paint to the product.
As a result of the review, it was established that the need for the development of mechanized and automated single-position silk screen printing presses, by modernizing entry-level manual equipment, in order to obtain high-performance products with a competitive price that will allow high-quality screen printing, is quite obvious.
Keywords: screen printing, automated equipment, automatic screen printing press.w

Трафаретний друк методом шовкографії або шовкотрафаретний друк – це технологія друку, в якій зображення отримують шляхом продавлювання фарби через отвори у трафареті з подальшим висушуванням і закріпленням, а для нанесення відбитку використовують друкарську форму на основі ситової тканини, яка дозволяє наносити монохромне або повнокольорове зображення практично на будь-які поверхні. У легкій промисловості шовкотрафаретний друк виконують на готових виробах швейних та трикотажних виробництв, а також на деталях крою [1].

Кожен етап технологічного процесу шовкотрафаретного друку передбачає використання спеціалізованого обладнання, яке забезпечує ручне, механізоване або автоматизоване виконання окремої операції. Проєктуванням та виготовленням такого технологічного обладнання займаються машинобудівні підприємства різного масштабу у багатьох країнах світу, а процес розробки нових моделей та модернізації існуючих відбувається практично безперервно. Тому, конструкторська діяльність, пов’язана із механізацією та автоматизацією технологічних операцій шовкотрафаретного друку є достатньо перспективною і актуальною.

У статті буде розглянуте технологічне обладнання, призначене для виконання операції безпосереднього нанесення фарбового шару на виріб (рис.1), з метою аналізу можливостей автоматизації найпростіших зразків обладнання початкового рівня, призначених для використання в умовах індивідуального та малого підприємництва.

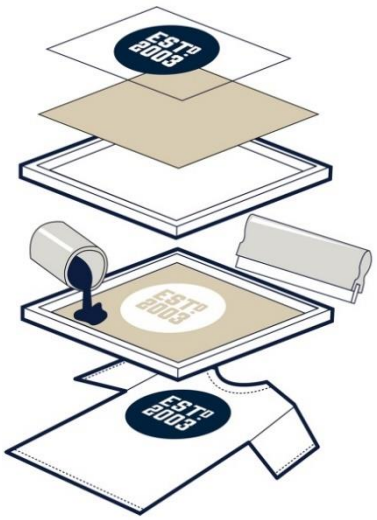


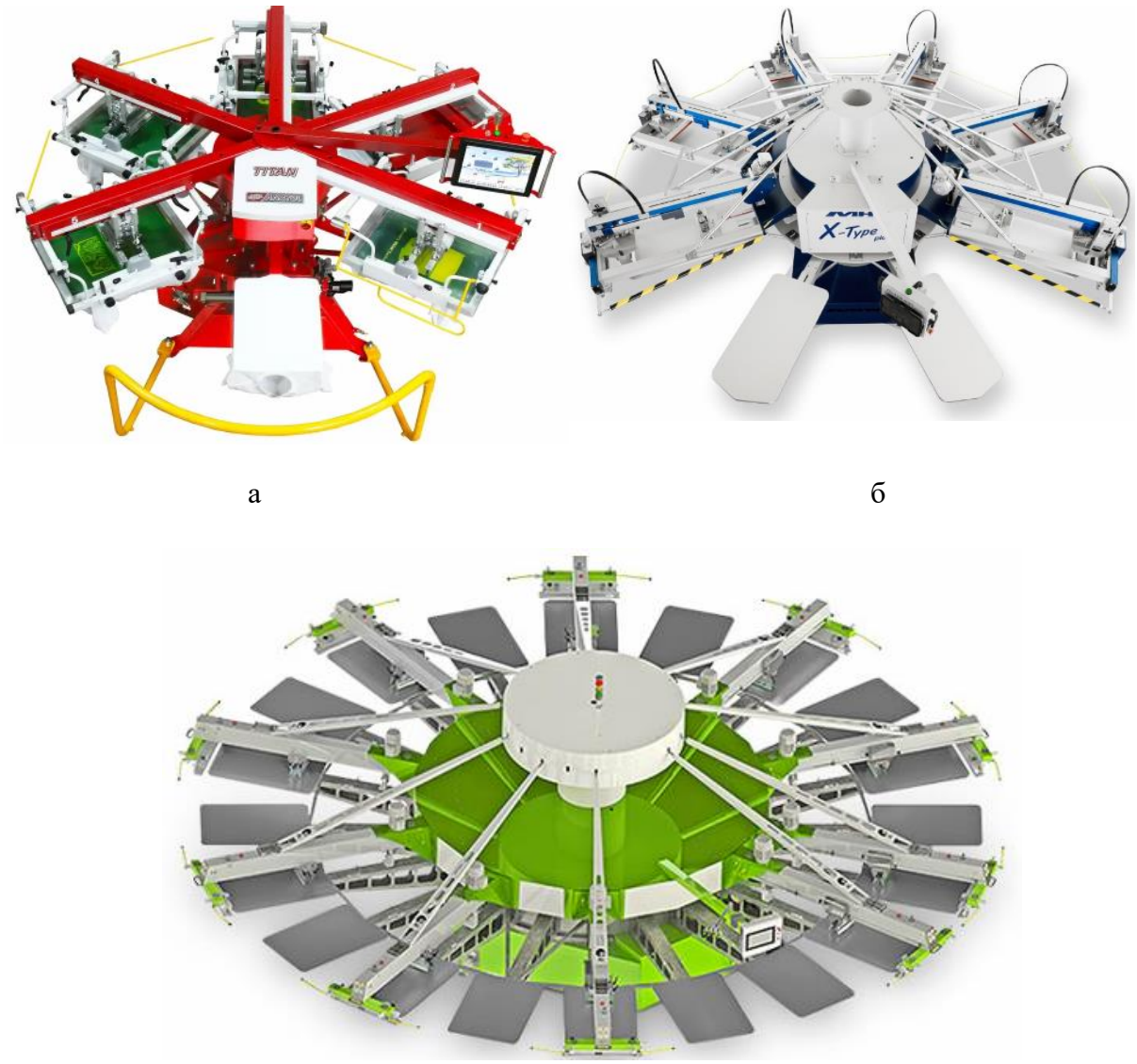
Рис. 1. Загальна схема шовкотрафаретного друку [2]

Виготовленням усього спектру необхідного технологічного обладнання у галузі шовкографії займаються такі відомі компанії, як Anatol Equipment Manufacturing Co., The M&R Companies, Vastex International, Inc.(всі - США), MHM Direct GB(Австрія) та багато інших. Аналіз комерційних пропозицій даних виробників дозволяє говорити про те, що виконання операції безпосереднього нанесення зображення у процесі шовкотрафаретного друку можна забезпечити спеціалізованим обладнанням із різним ступенем механізації – від повністю ручного, до автоматизованих виробничих комплексів[3-6].

Огляд конструкцій автоматизованих пристроїв для нанесення зображення на виріб методом шовкотрафаретного друку, показав, що процес модернізації обладнання пішов двома шляхами:

- механізація та автоматизація традиційних конструкцій, які використовувалися для ручного нанесення;
- створення нових конструкцій модульного компонування, які можна масштабувати у відповідності до вимог замовника.

До першої групи відносяться карусельні верстати з кількістю позицій від 6-ти до 20-ти, які дозволяють використовувати для нанесення зображень від 2-х до 18-ти кольорів (рис. 2).



а б

в

Рис. 2. Автоматизовані системи шовкотрафаретного друку карусельного компонування різних виробників: а - Anatol Equipment Manufacturing Co. [3]; б - MHM Direct GB[4]; в - Vastex International, Inc. [5]

Їх компонувальні схеми візуально наслідують обладнання для ручного друку, але, в той же час, мають ряд конструктивних особливостей, які введені із врахуванням потреб засобів механізації та автоматизації процесу. Як правило, вартість такого обладнання на порядок більша від ручного і воно призначене для використання на підприємствах середнього розміру в умовах серійного виробництва.

Автоматизовані комплекси модульного компонування відносяться до другої групи і дозволяють розгортати автоматичні лінії, здатні наносити до 42…48 кольорів на 48-60 позиціях, в залежності від виробника (рис.3).



а



б



в

Рис. 3. Модульні автоматизовані системи для шовкотрафаретного друку різних виробників: а - Anatol Equipment Manufacturing Co. [3]; б - MHM Direct GB[4]; в - The M&R Companies [6]

Модульна конструкція цього типу обладнання дозволяє забезпечити кастомізацію за масштабом, продуктивністю та ступенем автоматизації процесу під потреби конкретного замовника. Однак, вартість виготовлення та обслуговування таких систем, навіть у базовій комплектації, визначає коло потенційних споживачів цієї продукції – це великі підприємства легкої промисловості, орієнтовані на крупносерійне та масове виробництво.

Якщо ж розглядати сегмент обладнання для монохромного друку в умовах індивідуального та дрібного підприємництва, то номенклатура механізованого та автоматизованого обладнання для виконання шовкотрафаретного друку досить обмежена(рис. 4), а його вартість достатньо висока, з огляду на можливості інвестування та об’єми виробництва.



а б

Рис. 4. Однопозиційні монохромні автоматизовані машини шовкотрафаретного друку, виробництва: а - Anatol Equipment Manufacturing Co. [3]; б - Lawson Screen & Digital Products [7]

Механізація елементарних функцій у всіх перерахованих видах обладнання відбувається за рахунок використання пневмоприводу, електричного сервоприводу або їх поєднання. Основними рухами, які підлягають автоматизації в однопозиційних машинах, є підіймання/опускання друкарської форми, а також переміщення та підіймання/опускання ракеля. В багатопозиційних машинах додатково автоматизовано міжпозиційне переміщення палет та ситових рам.

Найбільш відповідальним вузлом, з точки зору забезпечення якості технологічного процесу, є вузол ракеля (рис.5), технічна реалізація переміщення якого практично однотипна у всіх розглянутих виробників.



Рис. 5. Вузол ракелів фірми The M&R Companies [6]

Система підіймання/опускання друкарської форми реалізується різними способами, в залежності від конструктивного рішення підйомного механізму. Вирішальним чинником у цьому випадку є базова конструкція механізму, від якого відштовхуються розробники.

У якості прототипу та конструктивної бази для розробки автоматизованого однопозиційного пристрою пропонується обрати ручний друкарський верстат початкового рівня, наприклад Sidewinder Solo (The M&R Companies) або HSP 1X1P (IHTEX-IDEA) (рис.6).



а б

Рис. 6. Ручні однопозиційні друкарські верстати: а - Sidewinder Solo [7]; б - HSP 1X1P[9]

При цьому, передбачається механізація підіймання/опускання друкарської форми засобами пневмоприводу та використання загальноприйнятої схеми автоматизованого нанесення фарби за допомогою двох ракелів. З метою здешевлення процесу розробки та виготовлення готового виробу, для керування пристроєм пропонується застосувати систему електроавтоматики на релейній елементній базі. Питання вибору типу приводу для вузла ракелів, а також механізації елементарних рухів планується планується вирішувати на наступному етапі проектної роботи.

Висновки

1. Цілком очевидно, що існує потреба у розробці механізованих та автоматизованих однопозиційних пристроїв шовкотрафаретного друку, шляхом модернізації ручного обладнання початкового рівня, з метою отримання високоефективних виробів з конкурентною ціною, які дозволять виконувати високоякісний трафаретний друк.
2. З метою уніфікації, в процесі проектування автоматизованого обладнання для шовкотрафаретного друку, необхідно використовувати загальнодоступну конструктивну базу та максимально застосовувати перевірені технічні рішення у відповідній галузі.

Бібліографія

1. Prybeha D., Koshevko J., Smutko S., Onofriichuk V., Skyba M., Synyuk O., Kuleshova S., Pidhaichuk S., Zlotenko B.: Analysis of methods of printing images on

textile materials and evaluation of their quality, Vlakna a textile (Fibres and Textiles) 28(2), 2021, pp. 63-74.
2. Шовкотрафаретний друк. Трикотажна фабрика SkaSka. URL: https://skaska.ua/shelkotrafaretnaya-pechat/ (дата звернення: 10.03.2024).
3. Screen Printing Equipment. Anatol. URL: https://anatol.com/screen-printing-equipment/ (дата звернення: 11.03.2024).
4. Textile Screen Printing Equipment. M&R Printing Equipment Inc. :: DTF - DTG - Hybrid - Screen. URL: https://www.mrprint.com/equipment/textile-screen-printing-equipment (дата звернення: 11.03.2024).
5. Complete Screen Printing Shop Packages. Vastex. URL: https://www.vastex.com/Screen-Printing-Equipment/Complete-Shops/ (дата звернення: 11.03.2024).
6. Automatic Textile Presses. MHM textile screen printing machines. Made in Austria. URL: https://www.mhmdirect.co.uk/automatic-textile-presses-i39 (дата звернення: 11.03.2024).
7. Graphic Screen Printing Press | Screen Print Graphic Printing Machine. Lawson Screen & Digital Products. URL: https://lawsonsp.com/collections/graphic-screen-printing-presses (дата звернення: 11.03.2024).
8. SIDEWINDER SOLO™ Series Manual Screen Printing Presses :: Textile Screen Printing Equipment. M&R Printing Equipment Inc. :: DTF - DTG - Hybrid - Screen. URL: https://www.mrprint.com/equipment/sidewinder-solo-series-manual-screen-printing-presses (date of access: 11.03.2024).
9. Верстат для трафаретного друку HSP 1X1 P. Stibok.com.ua. URL: https://stibok.com.ua/stanok-dlya-trafaretnoy-pechati-hsp-1x1-p (дата звернення: 11.03.2024).

ТОРГІВЛЯ ЛЮДЬМИ: ВИКЛИКИ ТА ЗАПОБІГАННЯ В УМОВАХ ВОЄННОЇ АГРЕСІЇ

Лучик С. Д., Лучик М. В.
Харківський національний університет внутрішніх справ, Україна

Анотація. Стаття присвячена проблемі протидії торгівлі людьми, яка має глобальний характер і значно загострилась в Україні у зв'язку із повномасштабною російською агресією. Постійні і тривалих ракетні удари по українських цивільних об'єктах та об'єктах критичної інфраструктури, вимушене переміщення майже однієї третини населення як всередині країни, так і за кордон, значне збідніння людей, життя в постійному стресі – всі ці фактори сприяють тому, що українці все частіше стають мішенню для злочинних схем торговцями людьми.
Автори статті аналізують міжнародну і вітчизняну нормативно-правову базу протидії торгівлі людьми. Особливу увагу приділено законодавчим документам, прийнятим з початку повномасштабної війни.
В статті наведені та проаналізовані дані міжнародних та вітчизняних організацій за 2022-2023 рр. щодо числа потерпілих в Україні у справах з торгівлі людьми. Встановлено, що за період війни українська влада розширила співпрацю з європейськими партнерами в сфері розслідування злочинів, пов'язаних з торгівлею людьми. З національного бюджету у 2023 році у порівнянні з минулим роком уряд країни збільшив виділення коштів на заходи протидії торгівлі людьми. Однак, український уряд не дотримався мінімальних стандартів щодо протидії торгівлі людьми у кількох ключових напрямах. Зокрема, повномасштабне вторгнення росії в Україну суттєво та негативно вплинуло на судову систему, затримуючи судові розгляди щодо торговців людьми. В країні також продовжує зростати рівень корупції та мають місце випадки торгівлі дітьми. Значний відсоток українських жінок-мігранток за кордоном стали об'єктом сексуальної експлуатації та порноіндустрії.
Автори аналізують зростаючу роль технологій у протидії торгівлі людьми. Висвітлені приклади використання Інтернет технологій, зокрема, соціальних мереж, сайтів знайомств, інших сайтів послуг для дорослих, для вербування, реклами та продажу людей, пропонування секс-трафіку та дитячої порнографії. Наведено дані національного опитування щодо зростання інтересу чоловіків до порнографічних відео за участю українських біженок, що стимулює торговців людьми вербувати вразливих жінок та дівчат. Проте, підкреслено, що комп'ютерні та цифрові технології є також корисним способом запобігання торгівлі людьми. Правоохоронні органи, системи кримінального правосуддя та інші повинні використовувати технології у своїх реакціях, зокрема шляхом посилення кримінального переслідування за допомогою цифрових доказів та надання послуг підтримки жертвам.
Автори статті вважають, що діяльність влади і суспільства насамперед повинна бути спрямована на раннє виявлення випадків торгівлі людьми. Жертви таких злочинів повинні отримувати підтримку та спеціалізовану допомогу. Судові органи в країні, при розгляді справ, пов'язаних із торгівлею людьми, повинні неухильно дотримуватись норм вітчизняного законодавства щодо суворого покарання злочинців за торгівлю людьми. Державні установи, громадські організації, заклади освіти повинні постійно проводити роз'яснювальну роботу з населенням, особливо дітьми та молоддю, щоб запобігти торгівлі людьми.
Ключові слова: торгівля людьми, воєнна агресія, протидія, запобігання, технології.

Вступ

Однією з глобальних проблем, яка торкнулася багатьох країн світу, є торгівля людьми, жертвами якої щороку стають тисячі людей. Цей вид злочину за прибутковістю займає третє місце у світі після нелегальної торгівлі зброєю та наркотиками. Щорічний дохід злочинців від торгівлі людьми у всьому світі складає близько 150 мільярдів доларів [1]. Для злочинців — це значний прибуток, для постраждалих — психологічні травми, зруйновані сім'ї, втрачене здоров'я та життя.

Ризик торгівлі людьми зростає в умовах конфліктів, глобальних криз, стихійних лих, оскільки збільшується переміщення людей, панують хаос, відчай. Війна в Україні призвела до масштабних міграцій українців, насамперед, жінок і дітей, по всьому світу, роблячи їх уразливими для експлуатації торговцями людьми.

Викладення основного матеріалу.

Поняття торгівлі людьми визначено в міжнародному та національному законодавстві рядом нормативно-правових документів. Основним міжнародним документом в сучасній правовій системі протидії торгівлі людьми є Протокол про попередження і припинення торгівлі людьми, особливо жінками і дітьми, і покарання за неї, що доповнює Конвенцію ООН проти транснаціональної організованої злочинності (Палермська Конвенція Організації Об'єднаних Націй проти транснаціональної організованої злочинності від 15.11.2000 р. і Протокол до неї [2]. Понад 180 країн ратифікували або приєдналися до Протоколу ООН про запобігання і припинення торгівлі людьми та покарання за неї.

Україна ратифікувала Палермський протокол у 2004 році через прийняття Закону України № 1433-IV від 04.02.2004 [2] та внесла відповідні зміни до свого законодавства. Чинна редакція статті 149 Кримінального кодексу України «Торгівля людьми або інша незаконна угода щодо людини» відповідає визначенню, яке міститься у Палермському протоколі [3].

Одним з найбільш важливих досягнень Ради Європи у сфері прав людини є Конвенція Ради Європи про заходи щодо протидії торгівлі людьми, яка була підготовлена для підписання у Варшаві 16 травня 2005 року і вступила в дію 01 лютого 2008 року [4]. У статті 4 Конвенції визначено «торгівлю людьми» як найм, перевезення, передача, приховування або одержання осіб шляхом погрози або застосування сили чи інших форм примусу, насильницького викрадення, шахрайства, обману, зловживання владою або безпорадним станом або наданням чи отриманням плати чи вигоди для досягнення згоди особи, яка має владу над іншою особою, для експлуатації [4].

В міжнародному законодавстві щодо протидії торгівлі людьми використовуються такі терміни як «Trafficking in persons» and «Human trafficking», які часто використовуються як синоніми, для позначення злочину, при здійсненні якого торговці людьми використовують і отримують прибуток за рахунок дорослих або дітей, примушуючи їх виконувати роботу чи займатися комерційним сексом. Експлуатація неповнолітнього з метою комерційного сексу є торгівлею людьми, незалежно від того, чи застосовувалася сила, примус чи шахрайство.

В США діє федеральний Закон про захист жертв торгівлі людьми та насильства (The Trafficking Victims Protection Act, TVPA), прийнятий Конгресом США у 2000 році, який дає можливість захистити іммігрантів без документів, що стали жертвами серйозних форм торгівлі людьми та насильства. [5]. Протокол ООН TIP і TVPA США містять схожі визначення торгівлі людьми, причому Сполучені Штати визнають дві основні форми торгівлі людьми: примусову працю та торгівлю людьми в сексуальних цілях.

В Україні відносини, що виникають у сфері протидії торгівлі людьми, регулюються вітчизняним законодавством, насамперед Конституцією України та Законом України «Про протидію торгівлі людьми» (від 20 вересня 2011 року №3739-VI), Законом України «Про охорону дитинства» (від 26.04.2001 № 2402-III) [6], Законом України «Про порядок виїзду з України і в'їзду в Україну громадян України» (від 21.01.1994 № 3857-XII) [7] тощо.

Закон України «Про протидію торгівлі людьми» [8] визначає організаційно-правові засади протидії торгівлі людьми, гарантуючи гендерну рівність, основні напрями

державної політики та засади міжнародного співробітництва у цій сфері, повноваження органів виконавчої влади, порядок встановлення статусу осіб, які постраждали від торгівлі людьми, та порядок надання допомоги таким особам. Відповідно до частини першої статті 1 даного Закону України торгівля людьми – це здійснення незаконної угоди, об'єктом якої є людина, а так само вербування, переміщення, переховування, передача або одержання людини, вчинені з метою експлуатації, у тому числі сексуальної, з використанням обману, шахрайства, шантажу, уразливого стану людини або із застосуванням чи погрозою застосування насильства, з використанням службового становища або матеріальної чи іншої залежності від іншої особи, що відповідно до Кримінального кодексу України визнаються злочином.

Подібне тлумачення даного поняття міститься у ст. 149 Кримінального кодексу України - торгівля людьми або здійснення іншої незаконної угоди, об'єктом якої є людина, а так само вербування, переміщення, переховування, передача або одержання людини, вчинені з метою експлуатації, з використанням обману, шантажу чи уразливого стану особи, — караються позбавленням волі на строк від трьох до восьми років [3]. Слід відмітити, що в боротьбі з торгівлею людьми Україна однією з перших у Європі ухвалила закон про кримінальну відповідальність за здійснення зазначеного злочину.

В країні також прийнято ряд нормативно-правових документів на виконання вищезазначених законів щодо протидії торгівлі людьми. Серед них:

Постанова КМУ Про затвердження Порядку встановлення статусу особи, яка постраждала від торгівлі людьми № 417 від 23.05.2012 [9];

Постанова КМУ Про затвердження Порядку виплати одноразової матеріальної допомоги особам, які постраждали від торгівлі людьми від 25 липня 2012 № 660 [10];

Постанова КМУ Про затвердження Порядку взаємодії суб'єктів, які здійснюють заходи у сфері протидії торгівлі людьми від 22 серпня 2012 № 783 [11].

Предметом торгівлі може бути будь-яка особа незалежно від її національності, віку, статі та соціально-економічного статусу: чоловіки – з метою експлуатації праці, діти – з метою використання у жебрацтві, комерційного усиновлення, експлуатації в проституції і порнобізнесі, будь-які особи – для вилучення та трансплантації органів. Торгівля жінками з метою примусового використання в проституції є лише складовою частиною торгівлі людьми.

За оцінками Місії Міжнародної організації з міграції (МОМ) за період незалежності української держави з 1991 по 2021 роки понад 300 000 українців постраждали від торгівлі людьми. Лише за період 2019-2021 роки жертвами торгівлі людьми стало 46 000 українців, з них 29 тис. за кордоном і 17 тис. осіб в Україні. Основними країнами призначення жертв торгівлі українцями були Російська Федерація, Польща та Туреччина [12]. Збільшення масштабів торгівлі людьми зумовили ряд причин: пандемія COVID-19, окупація Криму, війна на Сході України тощо.

З початком повномасштабного вторгнення рф в Україну ситуація ще більше загострилась. Українці масово почали виїжджати за кордон у пошуках прихистку. Станом на кінець жовтня 2023 року за даними Євростату тимчасовий притулок у Європейському Союзі отримали 4,24 млн біженців з України. Найбільше українців прихистили Німеччина (1 215 365 людей, 28,7% загальної кількості), Польща (960 620 осіб, 22,7%) та Чехія (364 450, 8,6%) [13]. У Доповіді Управління ООН з наркотиків і злочинності (UNODC) зазначається, що форми торгівлі людьми, під ризиком яких перебувають біженці з України – це сексуальна експлуатація, примусова праця, незаконне усиновлення та сурогатне материнство, примусові жебракування та злочинність [14]. Зростання потоків вимушеної міграції українців дещо змінило ситуацію з торгівлею людьми в Україні, а, саме відбулось збільшення випадків сексуальної експлуатації із одночасним зменшенням трудової.

За припущеннями фахівців з проєкту «Супровід урядових реформ в Україні» (SURGe) потерпілими від торгівлі людьми в Україні можуть бути сотні тисяч людей. Проте, дані, що надходять з урядових джерел, значно стриманіші. За даними Міністерства соціальної політики з початку 2023 року відкрито 123 кримінальних провадження щодо торгівлі людьми, 47 особам повідомлено про підозру, 59 визнано потерпілими. З країн Євросоюзу каналами Європолу до Нацполіції надійшло 63 повідомлення про можливі факти торгівлі людьми стосовно громадян України [15]. Міністерство внутрішніх справ України зазначає, що протягом останніх двох років в країні більше 200 осіб визнано потерпілими у справах щодо торгівлі людьми. Так, Національною поліція України з 24 лютого 2022 року по жовтень 2023 року виявлено 264 кримінальних правопорушення за ознаками статті про торгівлю людьми. У рамках цих розслідувань 169 трафікерів отримали статус підозрюваних. Також протягом 2022-2023 років 215 осіб визнано потерпілими у кримінальних провадженнях по торгівлі людьми, з них 23 — діти. В Україні тільки за два останні роки Національною поліцією припинено діяльність 6 організованих угруповань торгівців людьми, які постали перед судом [16].

Найбільш всього потрапляють в шахрайські схеми торговців людьми особи з групи ризиків, вразливі через вимушену міграцію, фінансову скруту тощо.

Відповідно до п. 2 примітки до статті 149 КК України [3] уразливим вважається стан особи, зумовлений фізичними чи психічними властивостями або зовнішніми обставинами, який позбавляє чи обмежує її здатність усвідомлювати свої дії (бездіяльність) або керувати ними, приймати за своєю волею самостійні рішення, чинити опір насильницьким чи іншим незаконним діям, а також збіг тяжких особистих, сімейних чи інших обставин.

Основними уразливими категоріями осіб, які відносяться до групи ризику є:

незаміжні жінки, самотні матері, розлучені особи;

молодь, діти вулиці, діти-сироти, вихідці з неблагополучних сімей;

сільське населення;

внутрішньо переміщені особи;

іноземні громадяни – трудові мігранти;

особи, які зазнали насильства, у тому числі сексуального;

бідні, малозабезпечені особи;

особи з проблемами психічного здоров’я.

Найбільш вразливими до торгівлі людьми категоріями населення є:

жінки у віці 18-26 років, у першу чергу незаміжні (вразливі до сексуальної експлуатації);

чоловіки у віці 25-60 років, у першу чергу одружені (вразливі до трудової експлуатації);

діти у віці 13-18 років, у першу чергу дівчатка з неповних та реструктурованих сімей (коли один із батьків нерідний).

Проведене в Україні національне дослідження з метою з’ясування вразливості українців до ситуацій торгівлі людьми в умовах війни в Україні, виявило наступне:

29% українців готові прийняти ризиковану пропозицію роботи за кордоном або в іншому населеному пункті, при цьому 27% респондентів погодились би прийняти одну з ризикованих пропозицій щодо роботи за кордоном, зокрема:

17% готові працювати без офіційного оформлення трудових відносин;

13% за кордоном та 9% в Україні готові працювати без змоги вільно залишити робоче місце та у замкнених на час роботи приміщеннях;

2% за кордоном та 2% в Україні готові добровільно віддати роботодавцю мобільний телефон, інші особисті речі на період працевлаштування;

1% за кордоном та 3% в Україні віддали би роботодавцю свій паспорт на весь термін виконання робіт без офіційного оформлення трудових відносин [17].

Різниця між показниками міжнародних і урядових організацій пояснюється надзвичайно високою прихованістю випадків експлуатації людей, особливо сексуальної, від органів поліції. При цьому кількість зафіксованих кримінальних правопорушень в Україні близька до середньоєвропейських показників.

Держдепартамент США щорічно готує та оприлюднює доповіді про торгівлю людьми в розрізі країн світу. Країни, дані з яких було отримано, класифікуються за 4 групами, залежно від того, які зусилля та заходи вживають уряди цих країн для боротьби з торгівлею людьми, а також залежно від того, наскільки забезпечується виконання урядами мінімальних вимог Федерального Закону США – «Акт про захист жертв торгівлі людьми» – (TVPA), що відповідають нормам Палермського протоколу.

Згідно Звіту TVPA 2023 року Україна входить до другої групи країн. Це означає, що уряд країни не повністю виконує мінімальні стандарти для протидії торгівлі людьми, але докладає для цього значних зусиль. Незважаючи на зменшення ресурсів і можливостей в умовах війни Україна значно розширила співпрацю з європейськими партнерами в сфері розслідування злочинів, пов'язаних з торгівлею людьми. З національного бюджету уряд збільшив виділення коштів на заходи протидії торгівлі людьми у порівнянні з минулим роком. Посилено зусилля уряду щодо обізнаності уразливих груп населення, особливо серед переміщених українців, про можливість потрапляння до рук торговців людьми. Проте, у звіті заначено, що український уряд не дотримався мінімальних стандартів щодо протидії торгівлі людьми у кількох ключових напрямах. Так, повномасштабне вторгнення росії в Україну суттєво та негативно вплинуло на судову систему, затримуючи судові розгляди щодо торговців людьми. При цьому більшість засуджених торговців людьми уникли ув'язнення, оскільки судді недооцінили серйозність скоєних злочинів. З 18 засуджених торговців людьми, лише троє (16,7%) були засуджені та отримали тюремне ув'язнення у 2022 році, 15 торговців людьми (83,3%) отримали умовні терміни. Таке м'яке покарання підриває довіру суспільства до правової системи, а самі зусилля з боротьбі з торгівлею людьми зводить нанівець.

Також, попри постійне занепокоєння влади країни збільшенням рівня корупції у державних структурах, уряд, шостий рік поспіль, не забезпечив жодного вироку посадовцям, які були співучасниками справ, пов'язаних з торгівлею людьми. Все це сприяє безкарності злочинів, пов'язаних з торгівлею людьми.

Однією з найгірших форм торгівлі людьми є торгівля дітьми. Ставши мішенню торговців людьми, діти постають перед загрозою фізичного, психологічного та сексуального насильства, побиття, згвалтування, примусової проституції, жебрацтва, підневільної важкої праці, у тому числі в шкідливих умовах, нелегальної трансплантації органів, тощо.

Серед міжнародних нормативно–правових документів у сфері захисту дитини від торгівлі та експлуатації, ратифікованих українським законодавством, слід виділити: Факультативний протокол до Конвенції ООН про права дитини щодо торгівлі людьми, дитячої проституції і дитячої порнографії (2003) [18], Протокол про попередження і припинення торгівлі людьми, особливо жінками і дітьми, та покарання за неї, що доповнює Конвенцію ООН проти транснаціональної організованої злочинності (2000) [19], а також Конвенція Ради Європи про заходи щодо протидії торгівлі людьми (2005) [20].

Діти потрапляють до тенет злочинців різними шляхами. Основний спосіб втягнення дітей– це пропонування їм привабливих умов, наприклад, торгівля на вулиці, домашня робота, робота в сільському господарстві, офіціанткою, танці тощо. Проте на

місці призначення їх примушують надавати секс-послуги, жебракувати, розповсюджувати наркотики. Також часто діти змушені відшкодувати та відпрацювати вартість проїзду, харчування, одягу та житла, що затягує їх в боргову кабалу і діти стають повністю залежні від своїх хазяїв.

В більшості випадків мішенню торговців дітьми стають діти-сироти, діти з неблагополучних родин. Наприклад, Апеляційний суд України підтвердив вирок (6 років тюремного ув'язнення) попередньої інстанції стосовно 42-річної мешканки Хмельницького, яка віддала свою 15-річну доньку у бордель за 30 тис. грн. Жінку затримали під час одержання частини грошей, за які вона погодилася продати доньку у бордель.

Зростає число випадків зовнішньої торгівлі дітьми, тобто діти вирішують відправитись за кордон у намаганні покращити своє матеріальне становище та становище своїх батьків, набути впевненості та незалежності, побачити світ та відчути досвід «гарного життя». Члени родини часто не відмовляють дітей, оскільки вони очікують грошових переказів одразу з початком роботи дитини. Іноді дітей експортують за кордон після того, як їх вже було залучено в торгівлю всередині країни. Діти важко працюють по 12 годин щодня, а часто і вночі. Їх ізолюють від контактів із сім'ями та друзями. В результаті вони не отримують ні винагороди за працю, їм платять тютюном, наркотиками та алкогольними напоями.

Купівля-продаж дітей здійснюється і для подальшого використання в жебракуванні або примусу до жебракування. Так, за даними прес-служби прокуратури Хмельницької області (2021 р.), 32-річна уродженка Вінниччини, проживаючи у місті Хмельницькому, здавала в оренду двох своїх дітей – хлопчиків віком 2 та 6 років для жебракування за 5 тис. грн. Мати активно підшукувала потенційних клієнтів для подальшої передачі дітей, за відповідну плату у «подобову оренду» для примушування до жебракування.

Дитяча порнографія, дитячий секс туризм (дитяча проституція) – у переважній більшості держав переслідується законодавством. В Кримінальному Кодексі України стаття 301-1 (порноконтент, пов'язаний з дітьми - одержання доступу до дитячої порнографії, її придбання, зберігання, ввезення, перевезення чи інше переміщення, виготовлення, збут і розповсюдження) була відокремлена у 2021 році, однак статистика за нею у звітах ГПУ з'явилась у лише у 2022 році. За 7 місяців 2023 року було порушено 1943 справи за статтями про порно та дитяче порно (ст. 301 та 301-1 Кримінального кодексу). Це вже більше, аніж за весь минулий рік, коли було обліковано 1880 справ, з них 1244 проваджень за порноконтент, пов'язаний з дітьми [21].

За останні роки зросли випадки торгівлі новонародженими дітьми закордон під прикриттям програм сурогатного материнства. У 2023 році Генпрокуратура Укріни підготувала та скерувала до суду обвинувальний акт проти організованої групи осіб, які, за матеріалами слідства, «виготовляли та продавали» новонароджених дітей на замовлення для іноземців. Головними обвинуваченими у справі є засновники Клініки професора Олександра Михайловича Феськова (розташована у Харкові та Києві) [22]. Клініка пропонувала послугу сурогатного материнства охочим з усього світу. Одна дитина коштувала близько 60 тисяч євро. Послугами української клініки користувалися навіть одинаки або одностатеві пари, які спочатку обирали донора яйцеклітини, а потім дітей народжували сурогатні матері з України. Зазвичай, це були малозабезпечені жінки, які за даними Нацполіції, отримували винагороду в 10 тисяч доларів. Українки, залучені у програму так званого «сурогатного материнства», виїжджали народжувати дітей до Праги, звідки діти роз'їхалися по всьому світу. Згідно з українським законодавством сурогатним материнством можуть користуватися лише подружні пари, які явно не можуть мати дітей: саме тому, за версією слідчих, пологи та реєстрація дитини

відбувалися у Празі. У Чехії немає закону про сурогатне материнство, який би чітко прописував правила. Після пологів та народження немовля, сурогатна мама та клієнт клініки видавали себе за пару (хоча бачилися вперше в житті). Разом вони оформлювали дитину на тата, який потім летів із новонародженим додому – до Швеції, Німеччини, Іспанії чи Греції.

Як правило, справи, описані вище, доходять до судів не часто. Слідчим складно відстежувати рух дитини за кордоном. Якщо у звичайних випадках сурогатного материнства і новоспечені батьки, і дитина перебувають під наглядом влади, то умови, в яких живуть діти, вивезені за кордон, ніхто не перевіряє.

Міжнародні організації докладають спільних зусиль щодо запобігання торгівлі дітьми та захисту жертв злочину. ICAT є багатостороннім політичним форумом, заснованим резолюцією 61/180 Генеральної Асамблеї ООН з метою покращення координації та співпраці між установами ООН та іншими відповідними міжнародними організаціями для сприяння цілісному та комплексному підходу до запобігання торгівлі людьми та боротьби з нею, включаючи захист і підтримку жертв і тих, хто пережив торгівлю людьми. У 2023 році ICAT зосередився на захисті дітей, зборі даних про торгівлю дітьми, сприянні залученню постраждалих, захисті прав жертв і постраждалих. У Заклику ICAT до дії [23] зазначається, що торговці людьми змушують дітей вчиняти злочини, і що деяких дітей, які стали жертвами торгівлі людьми, незаконно заарештовують і карають, замість того, щоб їх визнати жертвами та надати необхідний захист і допомогу. Десять пунктів Заклику до дій включають необхідність для країн зменшити ризики торгівлі людьми шляхом інвестування в системи захисту вразливих дітей і зміцнення механізмів раннього виявлення та підтримки дітей, які стали жертвами торгівлі людьми.

Представники Міжнародної організації міграції (МОМ) підкреслюють, що не лише влада країн, а й кожен з нас повинні активізувати зусилля для захисту дітей, особливо з появою нових загроз, пов'язаних з торгівлею людьми, таких як торгівля за допомогою комп'ютерних технологій, які особливо впливають на дітей та молодь.

Комп'ютерні та цифрові технології роблять людей доступними в будь-який час та в будь-якому місці. Така доступність призводить до розкриття конфіденційності кожного. Це, в свою чергу, може призвести до небезпечних наслідків. Інтернет і цифрові платформи пропонують торговцям людьми численні інструменти для вербування, експлуатації та контролю жертв, уникаючи при цьому особистих зустрічей. Як зазначають фахівці, такі інструменти можна знайти як у поверхневій мережі, так і в темній мережі Інтернет [24].

Поверхнева мережа визначається як частина Інтернету, що видима для всіх користувачів та яка для торговців людьми може слугувати платформою для реклами та продажу послуг, ідентифікації та вербування жертв, здійснення контролю над ними, та спілкування з іншими учасниками торгівлі людьми. У видимій частині агенти з боротьби з торгівлею людьми можуть відстежувати та аналізувати «цифрові сліди» злочинців, які можна виявити в результаті їхньої онлайн-активності. У мережі можна знайти багато популярних соціальних мереж і додатків для обміну повідомленнями, таких як Facebook, Instagram, Viber, Skype, Facetime, а також програми для знайомств, такі як Elmaz, Twoo, Gepime, Tinder, Grindr або Okcupid для міжнародної торгівлі людьми. Вони з'єднують людей та розвивають стосунки, і все це безкоштовно. Однак їхній необмежений потенціал також використовують торговці людьми.

Однак, некомерційна організація Polaris Project стверджує, що в останні роки вербування жертв торгівлі людьми через Facebook зросло на 125%, а через Instagram – на 95% [25]. Зокрема, мережі соціальних мереж використовуються на етапі вербування, щоб забезпечити довіру та співпрацю вразливих людей, особливо молодих дівчат і дітей, за

допомогою підроблених облікових записів. У цьому контексті термін «online grooming» використовується для позначення процесу побудови стосунків. особисто або онлайн, щоб сприяти сексуальному контакту з цією особою, онлайн або офлайн. Зловмисники також можуть використовувати соціальні медіа для шантажу своїх жертв, якщо вони отримають матеріали для використання проти них, а, саме, зображення або відео відверто сексуального змісту. Нарешті, злочинці зазвичай використовують соціальні мережі для контролю над своїми жертвами через приватні чати в соціальних мережах, використовуючи такі програми, як Skype або Viber.

З іншого боку, кібертрафік відбувається в темній мережі. Темна павутина формується за допомогою протоколів зв'язку, таких як мережа Tor, призначених для обміну інформацією, що надсилається через величезну кількість ретрансляторів по всьому світу. Темна мережа в основному використовується для збереження анонімності щодо активності, яка виконується в Інтернеті, однак це не означає, що вся діяльність, пов'язана з темною мережею, є зловмисною або злочинною. Наприклад, його можна використовувати в освітніх або дослідницьких цілях. Хоча це також простір для продажу наркотиків і зброї, фальшивих документів, або, навіть, це може бути місце для вербування, реклами та продажу людей, для пропонування секс-трафіку та дитячої порнографії.

Значне використання торговцями людьми отримали веб-сайти послуг для дорослих (ASW), які дозволяють користувачам рекламувати свої сексуальні послуги, створюючи профілі, куди вони можуть завантажувати фотографії, надавати контактні дані та описувати послуги, які вони готові надавати, та їх вартість. У доповіді ОБСЄ 2023 року зазначається, що використання ASW є центральним у процесах сексуальної експлуатації торговців людьми, слугуючи «основним місцем комерційної сексуальної експлуатації та торгівлі людьми». Згідно дослідження неурядової організації Thorn, з 260 постраждалих від сексуальної експлуатації 80% повідомили, що їхні примусові сексуальні послуги рекламувалися в Інтернеті [26].

З початком повномасштабного вторгнення росії в Україну мільйони жінок і дітей виїхали за кордон у пошуках прихістку. Переміщені та дезорієнтовані вони часто ставали мішенню для торгівців людьми. Проведене в кінці 2023 році компанією Periscope Research у співпраці з Освітнім кластером "Мрій.Дій" (Польща) (на замовлення Українського жіночого конгресу за підтримки проєкту U-LEAD з Європою) опитування виявило, що 26% українських жінок зазнавали сексуального або фізичного насильства за кордоном. З них зазнавали сексуального насильства 15%, фізичного – 7,1%, фізичного та сексуального – 3,5%. В опитуванні прийняло участь 800 жінок-українок з 18 країн перебування (переважно з Польщі, Чехії та Німеччини, де перебуває більшість біженців з України) [27].

Також, з початком війни зріс інтерес до порнографії за участю українок. За оцінками аналітиків ОБСЄ за останні шість місяців 2022 року виросла кількість переглядів порнографічних відео, які нібито показують українських біженок. Підвищений інтерес до порно за участю українських біженок може спонукати торговців людьми діяти частіше та більш безкарно. Високий попит чоловіків на сексуальні стосунки з українськими жінками і дівчатами створює величезний стимул для торговців людьми вербувати вразливих людей, щоб задовольнити цей попит і отримати від цього прибуток [28].

Отже, комп'ютерні та цифрові технології розширили злочинну діяльність торговців людьми, проте вони є також корисним способом її запобігання. Уряди країн намагаються використовувати більше технологій, щоб зупинити торговців людьми. Правоохоронні органи, системи кримінального правосуддя та інші повинні використовувати технології у своїх реакціях, зокрема шляхом посилення кримінального

переслідування за допомогою цифрових доказів та надання послуг підтримки жертвам. Діяльність з підвищення обізнаності населення щодо безпечного використання Інтернету та соціальних медіа, а також співпраця з приватним сектором є важливою для підтримки запобігання торгівлі людьми та боротьби з нею.

Міграційна поліція під егідою Європолу створює міжнародну інформаційну платформу для запобігання торгівлі людьми серед українських біженців. 19 липня 2022 року Держдепартамент США включив росію до списків країн, що проводять політику або практику торгівлі людьми та примусової праці або чиї сили безпеки та підтримувані урядом збройні організації вербують чи використовують дітей як солдатів.

До технологічних інструментів, які використовуються для боротьби з торгівлею людьми, слід включати:

використання мобільних додатків для визначення місцезнаходження жертв торгівлі людьми;

за допомогою супутникових знімків знаходити рибальські судна з вантажами жертв примусової праці;

використання програмного забезпечення для вилучення даних із Інтернету, наприклад системи Domain Insight Graph (DIG) Університету Південної Каліфорнії, яка сканує Інтернет, щоб допомогти слідчим знайти подробиці про жертв торгівлі людьми, узагальнює цю інформацію та продовжує відстежувати веб-сайти торгівлі людьми на предмет змін. і оновлення [25].

Відповідно до ст. 4 Закону України «Про протидію торгівлі людьми» основними напрямами державної політики у сфері протидії торгівлі людьми [8] є:

попередження торгівлі людьми шляхом підвищення рівня обізнаності населення, превентивної роботи, зниження рівня вразливості населення, подолання попиту;

боротьба із злочинністю, пов'язаною з торгівлею людьми, шляхом виявлення злочинів торгівлі людьми, осіб, причетних до скоєння злочину, притягнення їх до відповідальності;

надання допомоги та захисту особам, які постраждали від торгівлі людьми, шляхом удосконалення системи відновлення їхніх прав, надання комплексу послуг, впровадження механізму взаємодії суб'єктів у сфері протидії торгівлі людьми.

В Україні безкоштовну та конфіденційну консультацію з питань протидії торгівлі людьми можна отримати, звернувшись на Національну безкоштовну гарячу лінію з протидії торгівлі людьми: 527 з мобільного, 0(800)-505-501 зі стаціонарного телефонів.

З 01 липня 2022 року майже втричі, в порівняні з 2012 роком, збільшено одноразову матеріальну допомогу особам, які постраждали від торгівлі людьми, яка становить для:

для дітей віком до 6 років – 6 603,00 грн;

для дітей віком від 6 до 18 років – 8 232,00 грн;

для працездатних осіб – 7 800,00 грн;

для осіб, які втратили працездатність – 6 081,00 грн.

Станом на 01 вересня 2022 року 30 осіб, які постраждали від торгівлі людьми, отримали одноразову матеріальну допомогу (відповідно до поданих заяв), з них у період з 24 лютого по 29 серпня 2022 року виплату отримали 17 осіб.

Пріоритетом в освітній діяльності закладів освіти щодо запобігання торгівлі людьми визначається підвищення загального рівня правової свідомості дітей та молоді, формування навичок безпечної поведінки під час подорожі, у новому місці перебування та вдома, виховання поваги до прав та основних свобод людини, толерантне ставлення до потерпілих від торгівлі людьми [29].

Висновки

Торгівля людьми є глобальною проблемою, яка торкнулася багатьох країн світу. Воєнні конфлікти ще більше підвищують ризики здійснення злочинів, пов'язаних з торгівлею людьми. Український уряд прикладає значні зусилля, щоб під час надзвичайно складної ситуації в країні, викликаної російською агресією, постійними і тривалими ракетними ударами по українських цивільних об'єктах та об'єктах критичної інфраструктури, вимушеного переміщення майже однієї третини населення України як всередині країни, так і за кордон, тотального збідніння населення зменшувати ризики торгівлі людьми. Вважаємо, однак, що діяльність влади і суспільства насамперед повинна бути спрямована на раннє виявлення випадків торгівлі людьми. Жертви таких злочинів повинні отримувати підтримку та спеціалізовану допомогу. Судові органи в країні, при розгляді справ, пов'язаних із торгівлею людьми, повинні неухильно дотримуватись норм вітчизняного законодавства щодо суворого покарання злочинців за торгівлю людьми. Державні установи, громадські організації, заклади освіти повинні постійно проводити роз'яснювальну роботу з населенням, особливо дітьми та молоддю, щоб запобігти торгівлі людьми.

Література

1. Зайцева О. (2022). *Ризики торгівлі людьми для українців зросли*. Федерація професійних спілок України. URL: https://www.fpsu.org.ua/napryamki-diyalnosti/pravovij-zakhist/23308-ryzyky-torhivli-liudmy-dlia-ukraintsiv-zrosly.html
2. Протокол про попередження і припинення торгівлі людьми, особливо жінками і дітьми, і покарання за неї, що доповнює Конвенцію Організації Об'єднаних Націй проти транснаціональної організованої злочинності (2000). Ратифікація *Законом України* від 04.02.2004 № 1433-IV (1433-15). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_791#Text
3. Кримінальний кодекс України (2001). *Закон України* від 05.04.2001 № 2341-III. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text
4. Конвенція Ради Європи про заходи щодо протидії торгівлі людьми (2005). Ратифікація *Законом України від 21.09.2010, підстава - 2530-VI.* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_858#Text
5. The Trafficking Victims Protection Act (TVPA) (2000). *Human Trafficking Legislation. Federal Legislation.* URL: https://www.americanbar.org/groups/human_rights/human-trafficking/trafficking-legislation/
6. Про охорону дитинства (2001). *Закон України від 26.04.2001 № 2402-III.* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2402-14#Text
7. Про порядок виїзду з України і в'їзду в Україну громадян України (1994). *Закон України від 21.01.1994 № 3857-XII.* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3857-12#Text
8. Про протидію торгівлі людьми (2011). *Закон України від 20.09.2011 № 3739-VI.* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3739-17#Text
9. Про затвердження Порядку встановлення статусу особи, яка постраждала від торгівлі людьми (2012). Постанова Кабінету Міністрів України № 417 від 23.05.2012. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/417-2012-%D0%BF#Text
10. Про затвердження Порядку виплати одноразової матеріальної допомоги особам, які постраждали від торгівлі людьми (2012). Постанова Кабінету Міністрів України від 25 липня 2012 № 660. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/660-2012-%D0%BF#Text

11. Про затвердження Порядку взаємодії суб'єктів, які здійснюють заходи у сфері протидії торгівлі людьми (2012). Постанова Кабінету Міністрів України від 22 серпня 2012 № 783. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/783-2012-%D0%BF#Text
12. Trafficking in Persons (2023). *USAID.* URL: https://www.usaid.gov/ukraine/fact-sheet/dec-16-2022-trafficking-persons
13. Свиридюк Ю. (2023). *Тимчасовий притулок у Євросоюзі отримали понад 4,2 млн українських біженців*. Суспільні новини. URL: https://suspilne.media/637246-timcasovij-pritulok-u-evrosouzi-otrimali-ponad-42-mln-ukrainskih-bizenciv/
14. UNODC (2022). *Conflict in Ukraine: key evidence on risks of trafficking in persons and smuggling of migrants*. UNODOC Research.
15. Гаращенко С. (2023). *Зло в тіні: чому важливо зробити торгівлю людьми видимою.* URL: https://life.pravda.com.ua/columns/2023/02/13/252817/
16. Гамалій І. (2023). Поліція задокументувала з початку року 116 фактів торгівлі людьми. LB.ua. URL: https://lb.ua/society/2023/10/18/580067_politsiya_zadokumentuvala_z_pochatku.html
17. Східне міжрегіональне управління Державної служби України з питань праці (2023). *Інспекція праці інформує: Статистика щодо ризиків, пов'язаних з торгівлею людьми*. URL: https://smu.dsp.gov.ua/news/inspektsiia-pratsi-informuie-statystyka-shchodo-ryzykiv-pov-iazanykh-z-torhivleiu-liudmy
18. Факультативний протокол до Конвенції ООН про права дитини щодо торгівлі людьми, дитячої проституції і дитячої порнографії (2003*). Ратифікація Законом України від 03.04.2003 №716-IV (716-15).* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_b09#Text
19. Протокол про попередження і припинення торгівлі людьми, особливо жінками і дітьми, та покарання за неї, що доповнює Конвенцію ООН проти транснаціональної організованої злочинності (2000). *Ратифікація від 04.02.2004, підстава - 1433-IV.* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_791#Text
20. Конвенція Ради Європи про заходи щодо протидії торгівлі людьми (2005). *Ратифікація від 21.09.2010, підстава - 2530-VI.* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_858#Text
21. Ільченко Л. (2023). *В Україні зростає кількість кримінальних справ щодо порно, більшість - контент з дітьми*. Економічна правда. URL: https://www.epravda.com.ua/news/2023/08/18/703363/
22. Операція «Іспанець»: репродуктивна клініка професора Феськова продавала немовлят іноземцям (2023). *Secret.Net.ua.* URL: https://secrets.net.ua/kryminal/7400-operacziya-ispanecz-reproduktyvna-klinika-profesora-feskova-prodavala-nemovlyat-inozemczyam.html
23. ICAT (2023). *Call for Accelerated Action by 2025 to Prevent and End Child Trafficking. Icat.* URL: https://icat.un.org/sites/g/files/tmzbdl461/files/publications/call_to_action_on_child_trafficking.pdf
24. Álvarez J. G. (2022). *The impact of Information and Communication Technologies on Human Trafficking.* URL: https://esthinktank.com/2022/10/12/the-impact-of-information-and-communication-technologies-on-human-trafficking/
25. Staff E. (2022). *Technology Can Be a Useful Tool for Preventing Human Trafficking.* URL: https://amuedge.com/technology-can-be-a-useful-tool-for-preventing-human-trafficking/

26. Organization for Security and Co-operation in Europe (2023) Mapping the online landscape of risks of trafficking in human beings on sexual services websites across the OSCE region. OSCE, Vienna. URL: https://www.osce.org/event/mc_2023
27. УкрІнформ (2023). *Близько 26% українок за кордоном зазнавали сексуального чи фізичного насильства*. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3790715-blizko-26-ukrainok-za-kordonom-zaznavali-seksualnogo-ci-fizicnogo-nasilstva.html
28. Радіо Свободи (2023). *Біженки з України все частіше стають жертвами сексуальної експлуатації – дослідження*. URL: https://www.radiosvoboda.org/a/doslidzhennya-bizhenky-z-ukrayiny-zhertvy-seksualnoyi-ekspluatatsiyi/32335932.html
29. Міністерство освіти і науки України (2022). Щодо запобігання торгівлі людьми в умовах воєнної агресії : Лист від 22 беоезня 2022 № 1/3663-22. URL: https://mon.gov.ua/ua/npa/shodo-zapobigannya-torgivli-lyudmi-v-umovah-voyennoyi-agresiyi

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ КЛЕЙМУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ВЗУТТЯ НА ПРЕСОВОМУ ОБЛАДНАННІ З ЛІНІЙНИМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ДВИГУНОМ

Лучинський М., Поліщук О., Пищенюк В., Климчук В., Альбанська А.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. Розроблено експериментальну установку для дослідження пресового обладнання з лінійним електромагнітним двигуном (ЛЕМД) для виконання операції клеймування, що включає пресове обладнання з ЛЕМД; пристрій живлення та керування; блок вимірювальної апаратури. Розроблено методику проведення експериментальних досліджень . Проаналізовано фактори, що впливають на виконання технологічної операції клеймування. Вибрано некомпозиційний план другого порядку для двох факторів для проведення експерименту з визначення зусилля клеймування. Проведено експериментальні дослідження щодо визначення зусилля клеймування на пресовому обладнанні з ЛЕМД залежно від напруги живлення двигуна $U_{ж}$ і зазору δ між якорем двигуна та стопом (зазору між клеймувальною головкою та деталлю взуття). Встановлено, що математична модель адекватно описує процес виконання операції клеймування деталей взуття на пресовому обладнанні з ЛЕМД в динамічному режимі і може використовуватися для його проектування.
Ключові слова: Операція клеймування, лінійний електромагнітний двигун, прес, взуття, легка промисловість.

Вступ

Експериментальне дослідження технологічних режимів силових електромеханічних ударних систем пресового обладнання для виконання операцій легкої промисловості проводиться для отримання повної інформації про характеристики розглянутої машини. Вивчення закономірностей їх роботи, вироблення рекомендацій щодо раціонального вибору окремих конструктивних і режимних параметрів дозволяє забезпечити максимальну механічну енергію на виході двигуна при можливо більшому коефіцієнті корисної дії.

Результати досліджень

При проведенні операції маркування та клеймування на швейних підприємствах, особливо при появі нових матеріалів, постає питання вибору оптимальних параметрів цієї технологічної операції. Тому при дослідженні визначався один з найважливіших параметрів – зусилля клеймування. Від правильно підібраного зусилля клеймування в подальшому залежить якість деталей виробу [1].

З метою експериментального дослідження пресового обладнання з лінійним електромагнітним двигуном (ЛЕМД) для виконання операції клеймування було використано установку, представлену на рис. 1.

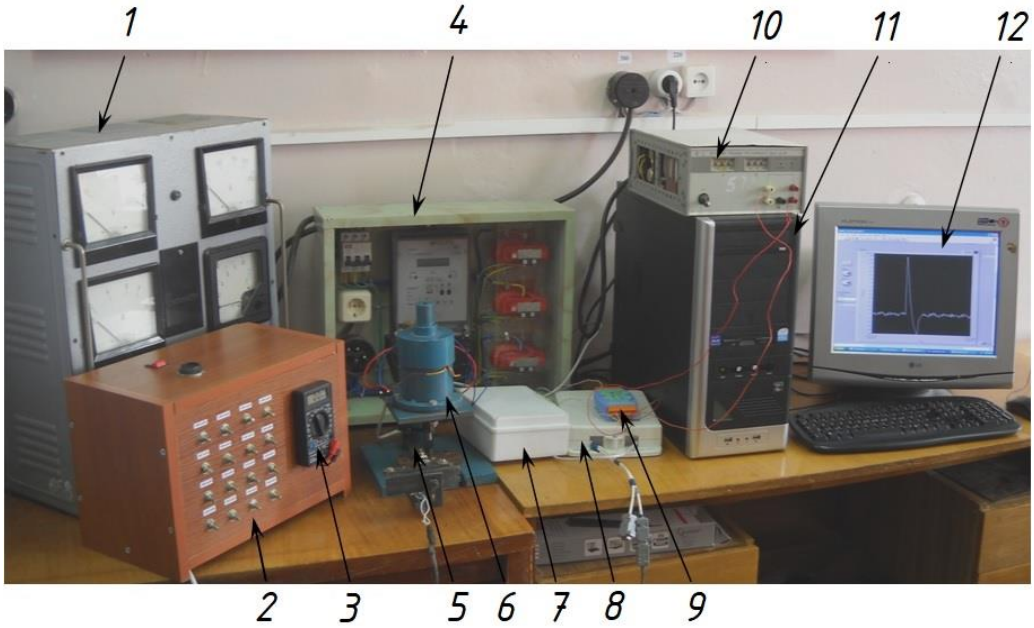


Рисунок 1 - Зовнішній вигляд експериментальної установки

До неї увійшли: пресове обладнання з ЛЕМД; пристрій живлення та керування; блок вимірювальної апаратури.

Устаткування, що використовується на підприємствах легкої промисловості, постійно удосконалюється та модернізується. Розробники обладнання об'єднують вузли точної механіки з електронними, електротехнічними і комп'ютерними компонентами з метою створення якісно нових модулів, систем, машин і комплексів та автоматизованих систем керування технологічними процесами, що виконуються на ньому. Тому виникає потреба застосування прикладних інформаційних технологій і сучасних вимірювальних приладів при дослідженні технологічних процесів та обладнання. Стрімкий розвиток комп'ютерних технологій і нарощування потужностей обчислювальної техніки, що стався за останнє десятиліття, дозволяє з успіхом використовувати їх в різних галузях, в тому числі і в легкій промисловості. З метою якісного забезпечення проведення наукових досліджень створено багаторівневу структуру використання апаратно-програмних засобів компанії National Instruments. Розроблено вимірювальну установку для дослідження машин і технологічних операцій легкої промисловості. Структурну схему цієї установки зображено на рис. 2. [2, 3]. Можливості такої установки дозволяють проводити вимірювання механічних, технологічних, електричних та інших параметрів різних технічних систем та технологічних операцій. Структурну схему вимірювальної системи установки показано на рис. 3.

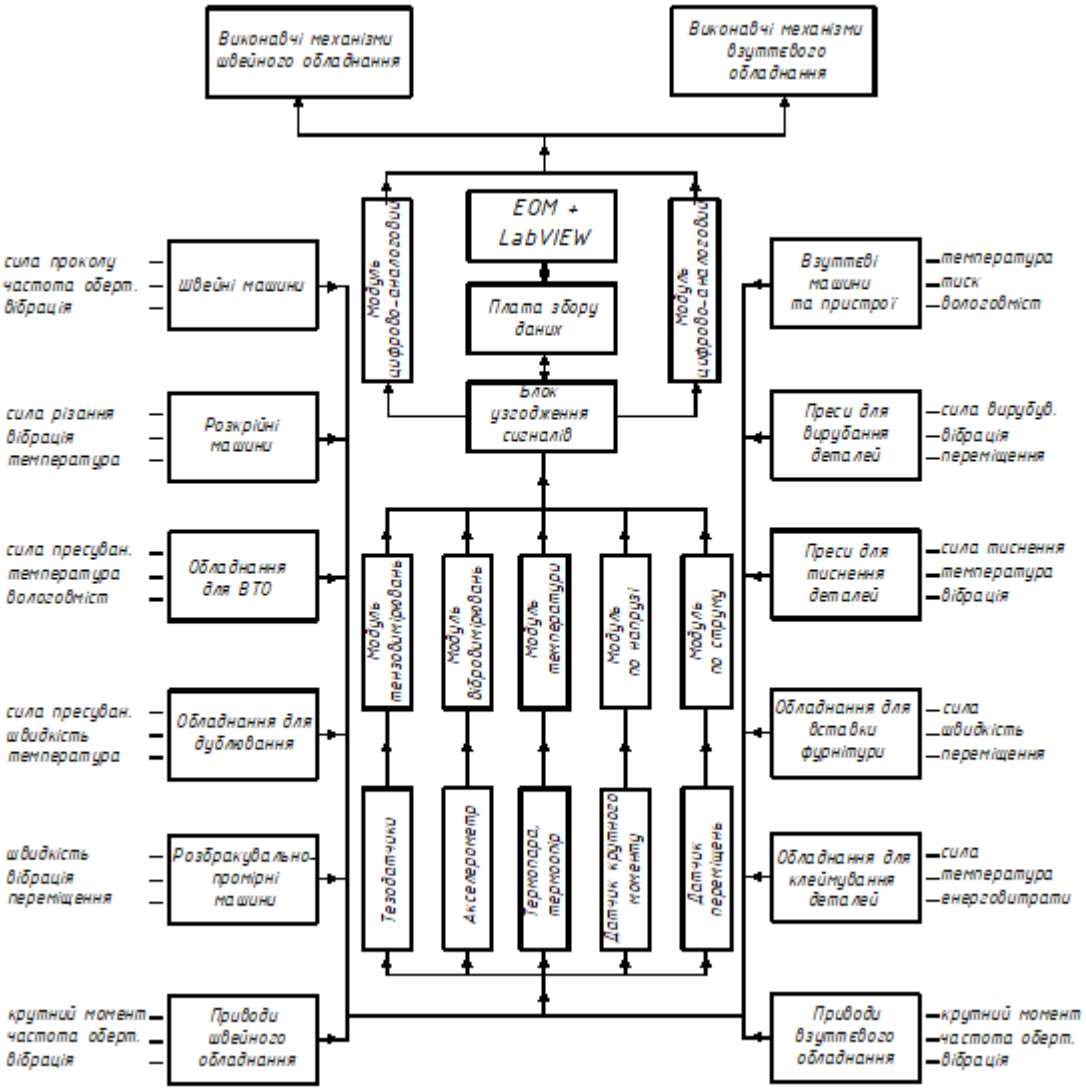


Рисунок 2 - Структурна схема експериментальної установки для дослідження машин та технологічних операцій легкої промисловості

При побудові вимірювальних систем на основі аналогово-цифрових перетворювачів як первинних перетворювачів використовуються аналогові датчики, що перетворюють фізичну величину, яка вимірюється у певному діапазоні, в пропорційний електричний сигнал. Аналоговий сигнал з датчика надходить на модуль узгодження, наявність якого спричинена необхідністю приведення сигналів з датчиків до рівня і найменування сигналу, на якому працює плата АЦП.

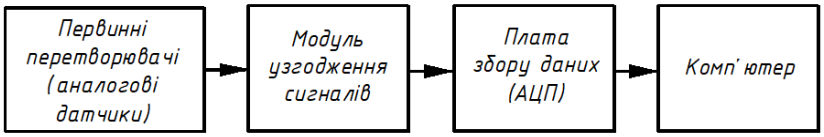


Рисунок 3 - Структурна схема вимірювальної системи установки

Експериментальна установка для дослідження робочих процесів імпульсного ЛЕМД ударної машини (рис.1) складається з: ЛАТРа 1; блока живлення 2; електронного мультиметра 3; трифазного електронного лічильника електричної енергії ЕЛВІН 4;

резистора зі змінним опором для вимірювання переміщення робочого органу 5; преса з ЛЕМД 6; пристрою з дільником напруги та датчиком струму 7; блока узгодження сигналів NI SCC-68 8; блока гальванічної розв'язки 9; джерела живлення 10; комп'ютера з вмонтованою платою збору даних 11; віртуального приладу програмного забезпечення LabVIEW 12.

Для якісного виконання експериментальних досліджень необхідно розробити методику їх проведення. В першу чергу, необхідно проаналізувати фактори, що впливають на виконання технологічної операції клеймування.

При вирішенні багатьох інженерних задач встановлюють зв'язок між k аргументами $x_1, x_2, \ldots x_к$ і залежною від них величиною y [4]. Такий метод було застосовано в роботі.

Якісне виконання цієї операції залежить від технологічного зусилля, зокрема зусилля клеймування $F_{кл}$. Проаналізувавши параметри лінійного електромагнітного двигуна та технологічної операції, можна зробити висновок, що зусилля клеймування залежить від наступних факторів: напруги живлення ЛЕМД $U_{ж}$; зазору δ між якорем двигуна і стопом (зазору між клеймувальною головкою, прикріпленою до якоря двигуна, та деталлю взуття).

В основі регресійного аналізу лежать наступні припущення: при кожному поєднанні значень $x_1, x_2, \ldots x_к$ величина y має нормальний розподіл; дисперсія σ^2 теоретичного розподілу випадкової величини y постійна; тип функції $M[y] = f(x_1, x_2, \ldots x_k)$ відомий; незалежні величини $x_1, x_2, \ldots x$ змінюються з дуже малою похибкою, якою нехтують порівняно з похибкою у визначенні y; змінні $x_1, x_2, \ldots x$ лінійно незалежні [4].

Апріорний аналіз отриманої інформації цього експерименту визначення зусилля клеймування показує, що можна застосовувати поліном другого ступеня:

$$M[y] = \eta = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \ldots + \beta_k \cdot x_k + \beta_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + \ldots$$
$$\ldots + \beta_{k-1k} \cdot x_1 \cdot x_2 + + \beta_{11} \cdot x_1^2 + \ldots + \beta_{kk} \cdot x_k^2, \quad (1)$$

де $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ – коефіцієнти рівняння регресії.

Для проведення експерименту з визначення зусилля клеймування вибираємо некомпозиційний план другого порядку для двох факторів. Процес, який досліджується можна з достатньою точністю описати поліномом другого порядку. Зазвичай, не композиційні плани другого порядку для отримання моделі будуть раціональнішими від центральних композиційних.

При дослідженні процесів і систем з двома факторами раціональним є план у вигляді правильного шестикутника (рис. 4) з кількістю центральних точок $n_0 > 1$.

На рис. 4 показано номери дослідів, а в дужках – рівні факторів у них. Зазвичай, n_0 дорівнює чотирьом. В цьому випадку план, що розглядається, передбачає проведення десяти дослідів, з яких шість – виконуються при рівнях факторів, які вказано в вершинах шестикутника, і чотири досліди – при рівнях факторів, які відповідають центру плану. Цей план є ротатабельним і за кількістю дослідів більш економним, аніж відповідний ротатабельний план другого порядку, який потребує для своєї реалізації постановки тринадцяти дослідів.

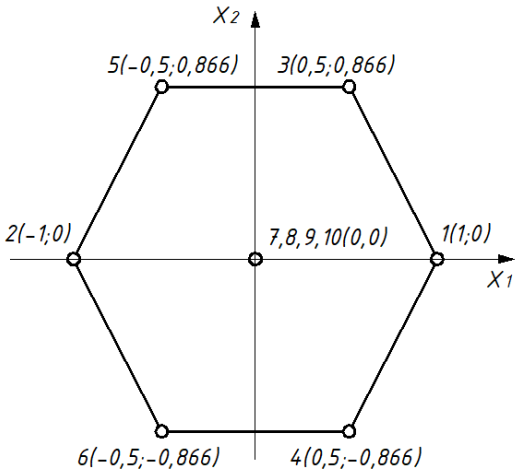


Рисунок 4 - Некомпозиційний ротатабельний план другого порядку k=2

Друга перевага плану, що описується, полягає у тому, що для фактора x_1 він потребує використання п'яти рівнів (+1; +0,5; 0; –0,5; –1), а для фактора x_2 – лише трьох (+0,866; 0; – 0,866). Центральний композиційний ротатабельний план другого порядку передбачає використання обох факторів на п'яти рівнях (+1,414; +1; 0; –1; –1,414).

На практиці кількість рівнів часто виявляється обмеженою, тому зменшені числа рівнів факторів – це велика перевага плану. Необхідно також зазначити, що зміна рівнів факторів в процесі дослідження ускладнює експеримент. Матрицю плану представлено у вигляді табл. 1.

Таблиця 1 - Матриця планування

Номер досліду	x_0	x_1	x_2	$x_1 x_2$	x_1^2	x_2^2	y
1	+1	+1	0	0	+1	0	y_1
2	+1	-1	0	0	+1	0	y_2
3	+1	+0,5	+0,866	+0,433	+0,25	+0,75	y_3
4	+1	+0,5	-0,866	-0,433	+0,25	+0,75	y_4
5	+1	-0,5	+0,866	-0,433	+0,25	+0,75	y_5
6	+1	-0,5	-0,866	+0,433	+0,25	+0,75	y_6
7	+1	0	0	0	0	0	y_7
8	+1	0	0	0	0	0	y_8
9	+1	0	0	0	0	0	y_9
10	+1	0	0	0	0	0	y_{10}

За результатами дослідів, які виконувалися відповідно до цього плану, можна визначити коефіцієнти рівняння:

$$y = b_0 + b_1 x_2 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 \ . \qquad (2)$$

Ці коефіцієнти знаходять за допомогою методу найменших квадратів або за наведеними нижче формулами:

$$b_0 = \frac{1}{4}\sum_{u=1}^{4} y_{0i}; b_1 = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{10} x_{1j} y_j; b_2 = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{10} x_{2j} y_j; b_{12} = \frac{4}{3}\sum_{j=1}^{10} x_{1j} x_{2j} y_j;$$
$$b_{11} = \frac{3}{4}\sum_{i=1}^{4} x_1^2 y_j + \frac{1}{12}\sum_{j=1}^{10} x_{2j}^2 y_j - \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{10} y_j, \quad (3)$$

де y_{0i} – значення функції відгуку в *i - му* досліді в центрі плану; x_{1j}, x_{2j} – закодовані значення факторів в *j-му* досліді; y_j – значення функції відгуку в *j - му* досліді.

Далі було проведено експериментальні дослідження щодо визначення зусилля клеймування на пресовому обладнанні з ЛЕМД залежно від напруги живлення двигуна $U_{ж}$ і зазору δ між якорем двигуна та стопом (зазору між клеймувальною головкою та деталлю взуття)

Для планування експерименту та визначення рівняння регресії було використано програму «Planning experiment» [4].

В ході експериментальних досліджень було отримано наступні результати зусилля клеймування *Y* (табл.2), які показали, що програма «Planning experiment» вибрала певні значення факторів впливу *X1* та *X2*, при яких проводився експеримент.

Таблиця 2 - Матриця значень

X1	*X2*	*Y*
18,0	135,0	323,0
0,0	135,0	232,0
13,5	197,22	329,0
13,5	61,39	206,0
4,5	197,22	229,0
4,5	61,39	106,0
9,0	135,0	223,0
9,0	135,0	219,0
9,0	135,0	216,0
9,0	135,0	217,0

Максимальне теоретичне зусилля клеймування розраховувалося за формулою:

$$\begin{cases} A_{ел1} = \int_{x_1}^{x_2} \kappa_{пр} \cdot x dx + \int_{x_1}^{x_2} F_{тер} dx - \int_{x_1}^{x_2} m_{р.ч.} \cdot g dx + \frac{m_{р.ч.} \cdot V_1^2}{2}; \\ A_{ел2} = \int_{x_2}^{x_3} \kappa_{пр} \cdot x dx + \int_{x_2}^{x_3} F_{тер} dx - \int_{x_2}^{x_3} m_{р.ч.} \cdot g dx + \int_{x_2}^{x_3} F_{техн} dx - \frac{m_{р.ч.} \cdot V_1^2}{2}. \end{cases} \quad (4)$$

Для підтвердження правильності розрахунку теоретичного зусилля відповідно до реальних процесів проводилися експериментальні дослідження процесу виконання операції клеймування на розробленій експериментальній установці. Результати експериментальних досліджень порівнювали з теоретичними, отриманими за формулою (4).

Відхилення відносної величини визначалося за формулою:

$$\varepsilon = \frac{Y_{max} - Y_{min}}{Y_{max}} \cdot 100\% . \quad (5)$$

Результати порівняння наведено в табл. 3. Відхилення відносної величини не перевищують 15 %.

Таблиця 3 - Порівняння експериментальних значень з теоретичними

X1	*X2*	*Y*	*Y рів.рег.*	*Y мат.мод.*	*ε, %*
18,0	135,0	323,0	371,35	389,92	5
0,0	135,0	232,0	243,62	256,53	5,3
13,5	197,22	329,0	345,09	365,8	6
13,5	61,39	206,0	304,22	319,43	5
4,5	197,22	229,0	283,88	19,87	7
4,5	61,39	106,0	243,01	256,38	5,5
9,0	135,0	223,0	295,46	314,66	6,5
9,0	135,0	219,0	295,46	313,19	6
9,0	135,0	216,0	295,46	314,66	6,5
9,0	135,0	217,0	295,46	316,14	7
					ε_c=5,98

Схему пошуку оптимуму для вирішення описаної задачі представлено на рис.5.

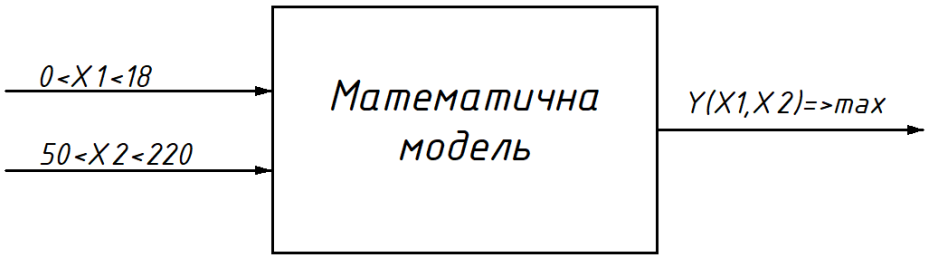


Рисунок 5 - Схема пошуку оптимуму

Математична модель подається у вигляді формули (1). Критерій оптимізації *Y* (*$F_{кл}$*), який залежить від вхідних параметрів *X1, X2* повинен наближатися до максимального значення.

Для оптимізації використовували програму «Optimization Model» (розробник кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем, ліцензія – вільне користування) [4]. Для програми було розроблено модель. Розрахунок, проведений на її основі, дав змогу визначити критерій оптимізації. Відповідно до розрахунку критерій оптимізації досягає свого максимального значення на вказаних інтервалах вхідних параметрів [5]:

$$Y = 390{,}9\ Н,\ X1 = 18\ мм,\ X2 = 220\ В,$$

тобто

$$F_{кл} = 390{,}9\ Н,\ \delta = 18\ мм,\ U_{ж} = 220\ В. \quad .$$

ВИСНОВОК

В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що математична модель (4) адекватно описує процес виконання операції клеймування

деталей взуття на пресовому обладнанні з ЛЕМД в динамічному режимі і може використовуватися для його проектування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Поліщук О. С. Дослідження пристрою з електромагнітним приводом для виконання операцій маркування та клеймування деталей одягу та взуття / О. С. Поліщук, А. К. Кармаліта, О. П. Бурмістенков // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2018. – №4. – С. 277–288.
2. Прибега Д. В. Застосування аналого-цифрових перетворювачів при проведенні експериментальних досліджень по визначенню параметрів вирубування взуттєвих матеріалів / Д. В. Прибега, А. К. Кармаліта, О. С. Поліщук // Вісник Технологічного університету Поділля. Технічні науки. – 2004. – № 5. – С. 99–103.
3. Поліщук О. С. Використання інформаційних технологій "National Instruments" для лабораторних і наукових досліджень машин легкої промисловості та електропобутової техніки / О. С. Поліщук, С. Л. Горященко, Д. В. Прибега. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2008. – № 2. – С. 175–180.
4. Пошук глобального оптимуму для завдань оптимального проектування систем чи визначення оптимальних законів управління [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://surl.li/ohxok (дата звернення: 15.12.23). – Назва з екрану.
5. Поліщук О. С. Електромеханічне пресове обладнання на підприємствах легкої промисловості: монографія / О. С. Поліщук – Хмельницький: Видавництво PolyLux, 2018. – 285 с.

ТЕНДЕНЦІЇ ТА СУЧАСНІ ТРЕНДИ РОЗВИТКУ МЕРЕЖЕВОГО РИТЕЙЛУ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОГО КОНКУРЕНТНОГО СЕРЕДОВИЩА

Любохинець Л., Поплавський Є.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. В умовах трансформаційних змін сучасного конкурентного середовища, посилення інноваційно-технологічного розвитку світового господарства, євроінтеграційної спрямованості національної економіки, повномасштабної війни росії проти України відбуваються стрімкі зміні інституційного середовища і моделі ринку, становлення нових типів відносин між суб'єктами господарювання, що вимагають нових підходів до оцінювання ситуацій на споживчому ринку і врахування нової стратегій конкурентоспроможності торговельних підприємств.

В світовій практиці торговельні підприємства поділяються на формати в залежності від параметрів, площ, чисельності персоналу, форми обслуговування, структура асортименту продукції. За оцінками експертів сучасний стан розвитку роздрібної торгівлі характеризується тенденцією до концентрації торгівлі, збільшенням торговельного бізнесу за рахунок консолідації торговельних компаній та створення торговельних мереж. При цьому глобальні інновації, зміни поведінкових моделей покупців та їхньої купівельної поведінки, зміна моделі FMCG-ритейлу в умовах глобального конкурентного середовища стали швидко виникати нові формати. Нові концепції і проєкти стають багатоцільовими: Pop-Up, drive through, комбінації FMCG і HoReCa, впровадження ігрових зон, тестових зон іт.п., що змушує ритейл постійно слідкувати за змінами, інноваціями та тенденціями у світі глобального конкурентного середовища.

Серед конкурентних переваг вітчизняного ритейлу виділяють технологічність та інноваційність бізнесу, спрямованість на використання цифрових технологій та штучного інтелекту; дизайнерська привабливість магазинів торговельних мереж; розширення можливостей ринку-FMCG та дискаунтерів; підвищення кваліфікації та підтримка кар'єрного зростання працівників компаній; соціальна відповідальність компаній мережевого ритейлу. Ще однією тенденцією та викликом розвитку ринку FMCG є інтернет-торгівля. При цьому зростає популярність онлайн-замовлень, збільшується замовлення через додатки в смартфоні, розширюється асортимент онлайн-магазинів FMCG, що забезпечує ширший вибір для покупців та зростання продажів, збільшується продаж та споживання екологічно чистої продукції, відповідно розширюється мережа онлайн-магазинів, які спеціалізуються на продажах еко-продуктів.

Серед трендів розвитку мережевої роздрібної торгівлі можна виділити: Е-Комерцію та омніканальність, сталість та соціальну відповідальність бізнесу, використання технологій доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR), гнучкість та адаптивність ланцюга постачання, розвиток інтернету речей (IoT), використання мерчандайзингу для сприйняття та розвитку роздрібної торгівлі, будуючи привабливий і ефективний магазинний простір та взаємодіючи з покупцями на різних рівнях.

Отже, не зважаючи на всі виклики сучасності мережевий ритейл продовжує розширювати поле та масштаби своєї діяльності, виробництво та торгівля FMCG стає одним із найбільш привабливих для інвесторів сегментом економіки.

Ключові слова: Мережевий ритейл, торговельні мережі, конкурентні переваги, омніканальність, е-комерція, соціальна відповідальність.

В умовах трансформаційних змін сучасного конкурентного середовища, посилення інноваційно-технологічного розвитку світового господарства, євроінтеграційної спрямованості національної економіки, повномасштабної війни росії проти України відбуваються стрімкі зміні інституційного середовища і моделі ринку, становлення нових типів відносин між суб'єктами господарювання, що вимагають нових підходів до оцінювання ситуацій на споживчому ринку і врахування нової стратегій конкурентоспроможності торговельних підприємств. Інноваційні підходи

застосовуються при вирішенні питань розширення інфраструктури роздрібної торгівлі, включаючи сучасні формати підприємств, використання інноваційного маркетингу, IT-технологій та інше. В оптовій торгівлі широко застосовуються технологічні інновації для формування сучасної матеріально-технічної бази, інновації в логістиці та інтернет-технології[1].

За останні кілька років на ринку ритейла відбулися важливі зміни, серед яких зростання кількості магазинів і торгових центрів, великі розміри роздрібного ринку, використання цифрових технологій в організації торгівлі. Основними засадами формування і розвитку торговельних мереж є врахування та уміле поєднання цілого ряду специфічних, притаманних національній економіці, факторів та умов функціонування таких мереж. Такими особливостями є загальноекономічний рівень розвитку держави та рівень життя населення, культурно-традиційна спадщина, територіальне розміщення, демографія та менталітет населення, рівень розвитку системи нормативно-правового регулювання, інвестиційна привабливість, тощо

За оцінками експертів сучасний стан розвитку роздрібної торгівлі характеризується тенденцією до концентрації торгівлі, збільшення торговельного бізнесу за рахунок консолідації торговельних компаній та створення торговельних мереж. При цьому глобальні інновації, зміни поведінкових моделей покупців та їхньої купівельної поведінки, зміна моделі FMCG-ритейлу в умовах глобального конкурентного середовища привели до виникнення нових форматів. Нові концепції і проєкти стають багатоцільовими: Pop-Up, drive through, комбінації FMCG і HoReCa, впровадження ігрових зон, тестових зон, що змушує ритейл постійно слідкувати за змінами, інноваціями та тенденціями у світі глобального конкурентного середовища[2].

Не зважаючи на сучасні глобальні виклики вітчизняні торгівельні мережі та національний ринок FMCG (Fast Moving Consumer Goods) залишаються конкурентоздатними, привабливими для інвесторів як вітчизняних, так і іноземних, орієнтованими на запити споживачів та суспільства, а також реалізують соціально відповідальні та соціально орієнтовані проєкти.

Як показали результати дослідження, станом на жовтень 2023 року, працювало 17692 торговельні точки в дев’яти основних галузях ритейлу (продовольчого та непродовольчого ритейлу, магазини з продажу одягу, взуття та аксесуарів, аптечної торгівлі, продаж техніки, електроніки та гаджетів)[3]. У порівнянні з довоєнними показниками, кількість працюючих магазинів на середину осені 2023 року продемонструвала позитивну динамку, склавши 101,9%. Тобто можна вже говорити не тільки про відновлення галузі, а й про її подальший розвиток (+1,9%)[3].

За результатами фінансової звітності компаній за 2022 рік, яку оприлюднили Мінцифра та Держстат України [4], майже половина компаній у переліку лідерів українського бізнесу працюють у сфері торгівлі: оптової – 35% і роздрібної – 10%, на другому місці – підприємства, задіяні у сфері постачання електроенергії та газу – їх 17%, третє місце посідають металургійні підприємства та добувні компанії – 11%, і 6% належить компаніям аграрного бізнесу та виробництва харчових продуктів (Рис.1).

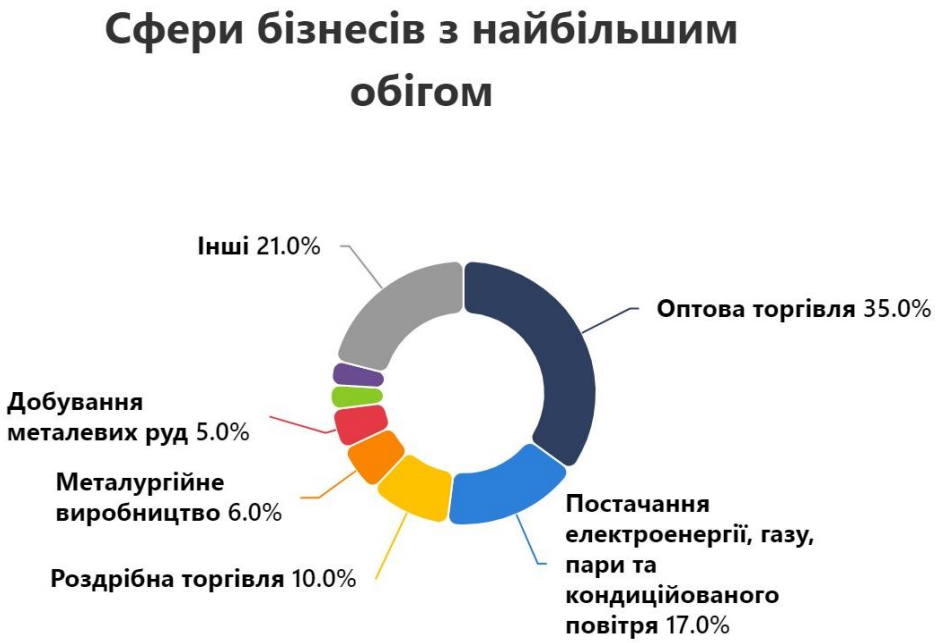


Рисунок 1 – Частка сфери бізнесу з найбільшим обігом[4].

Так, до ТОП-5 українських компаній за обігом капіталу 2022 року відносять НАК «Нафтогаз» (з обігом 169,9 млрд. грн.), ТОВ «АТБ-маркет» (148,3 млрд. грн.) та ТОВ «Д. Трейдинг» (144,2 млрд. грн.) – компанія, що продає електроенергію, газ, вугілля тощо, ДП «НАЕК «Енергоатом» (з обігом 134,2 млрд. грн.) та ТОВ «Газопостачальна компанія «Нафтогаз трейдинг»[4]. У перелік топових також потрапили ТОВ «Сільпо-Фуд», WOG та ОККО, тобто це компанії, які змогли в умовах війни зберегти або навіть збільшити власну виручку у 2022 році в порівнянні з попереднім 2021 роком.

За дослідженнями компанії GT Partners Ukraine [5], незважаючи на серйозні втрати, які понесли торговельні мережі там, де велися та продовжуються активні бойові дії, в тому числі на окупованих територіях, перша десятка FMCG-операторів України за загальною кількістю магазинів майже не змінилась у 2022 році в порівнянні з 2021 роком, що підтвердило стабільність функціонування національних операторів та великою кількістю торгових точок у мережі. Так, попри скорочення на 13,5% загальної кількості магазинів (177 точок), лідером за цим показником залишається мережа АТБ-маркет (табл.1). Станом на червень 2022 року тут працювало 1137 магазинів у 22 областях України[5]. Результати досліджень компанії GT Partners Ukraine не враховують магазини, які опинились на окупованій території, а також без врахування торгових точок, тимчасово закритих внаслідок руйнувань. Другою за рейтингом є компанія Fozzy Group, яка об’єднує мережі Сільпо, Фора, Fozzy Cash&Carry, Le Silpo і Thrashl, загальною кількістю 658 магазинів проти 714 на кінець 2021-го, тобто у відносному вираженні Fozzy Group втратила вдвічі менше за АТБ – всього близько 7,8% магазинів[6].

Таблиця 1 – ТОП-10 продовольчих операторів України 2022 року за кількістю торгових точок (магазинів) [5]

№п/п	Компанія	Мережі	Кількість торгових точок			Приріст 2022/2021,%
			2019	2021	2022	
1	ТОВ «АТБ-маркетинг»	АТБ, АТБ express	1078	1314	1137	-13.5
2	Fozzy Group	Сільпо, Thrashl, Фора, Fozzy, Le Silpo, Favore	561	714	658	-7.8
3	VolWest Retail	Наш Край, SPAR	277	278	246	-11.5
4	ТОВ «АРИТЕЙЛ»	КОЛО	105	252	192	-23.8
5	ТОВ ТПК «Львівхолод»	Рукавичка, Під боком	159	185	191	+3.2
6	ПАО «МХП»	М'ясо маркет	200	180	156	-13.3
7	ТОВ «ОПТТОРГ-15», ТОВ НМСМ «Делві»	Делві	118	156	142	-9.0
8	ТОВ «Клевер Сторс»	Сім23, Сім23 to go	129	126	133	+5.6
9	ТОВ «Вересень плюс»	Файно маркет, Соціальний магазин, Varto	100	125	133	+6.4
10	ПП «Мережа-Сервіс-Львів»	Близенько	64	119	127	+6.7

Як показує дослідження (табл.1), найбільший відсоток магазинів втратила мережа КОЛО (23,8%), а найбільший приріст першої п'ятірки має компанія ТОВ ТПК «Львівхолод» з мережею Рукавичка та Під боком (3,2%). Незважаючи на це, загалом темпи розширення мереж значно скоротились в умовах воєнного стану 2022 року. Так, у жовтні 2023 року частка продовольчих магазинів складала 30%, або 5280 працюючих магазинів, що на 0,2% більше, ніж було до початку великої війни. Лише у 2023 році почали працювати три сотні нових торгових точок продовольчого сегменту ринку[3].

Сектор непродовольчого ритейлу представлено 3715 торговими точками, що складає п'яту частину ринку. У 2023 році було відкрито 698 магазинів[3].

Щодо сегменту магазинів техніки та електроніки, то загальна кількість працюючих магазинів становить 954, що складає 88% довоєнних показників. У 2023 році було відкрито 123 магазина. Так, мережа Comfy відкрила цьогоріч 23 нових магазини, з яких 14 з'явились на місці конкурента Comfy – Eldorado. Також цього року компанія запустила перший регіональний склад у Львові площею приблизно 1500 кв м [3].

До негативних факторі впливу на ринок FMCG можна віднести зниження рівня споживчого оптимізму, зростання безробіття та зниження купівельної спроможності населення, зростання собівартості продукції у виробників, порушення логістичних маршрутів та розрив ланцюгів поставок, зниження рівня інвестування вітчизняного ринку іноземними компаніями, проблеми постачання, втрата персоналу, енергетична криза. Але, не зважаючи на зазначені виклики, що постали перед мережевим ритейлом, вітчизняний ринок продовжує розвиватись орієнтуючись на споживача та досягнення максимальних прибутків на відміну від європейських ринків мережевого ритейлу, який зосереджується на конкурентній боротьбі та мінімізації витрат[7].

Серед конкурентних переваг вітчизняного ритейлу виділяють технологічність та інноваційність бізнесу, спрямованість на використання цифрових технологій та штучного інтелекту; дизайнерську привабливість магазинів торговельних мереж; розширення можливостей ринку-FMCG та дискаунтерів; підвищення кваліфікації та підтримка кар'єрного зростання працівників компаній; соціальна відповідальність компаній мережевого ритейлу. За результатами щорічного звіту 2023року про стан продуктового рилейту в Європі компанією *McKinsey&Company, на 1,9% зростала частка власних торгових марок в обсязі продаж та на 1,4% зросла ринкова частка дискаунтерів. При цьому* середньозважений показник задоволеності клієнтів якістю продукції у Європі був на 14 балів вищим для дискаунтерів, ніж для інших форматів[8].

Ще однією тенденцією та викликом розвитку ринку FMCG є інтернет-торгівля. Пандемія COVID-19 прискорила перехід на цифрові технології та вплинула на зростання онлайн-торгівлі. Однак, за висновками аналітиків, до 2024р. 78 % покупок усе ще будуть відбуватися офлайн, і тільки 22 % – онлайн (Рис.2.) [9].

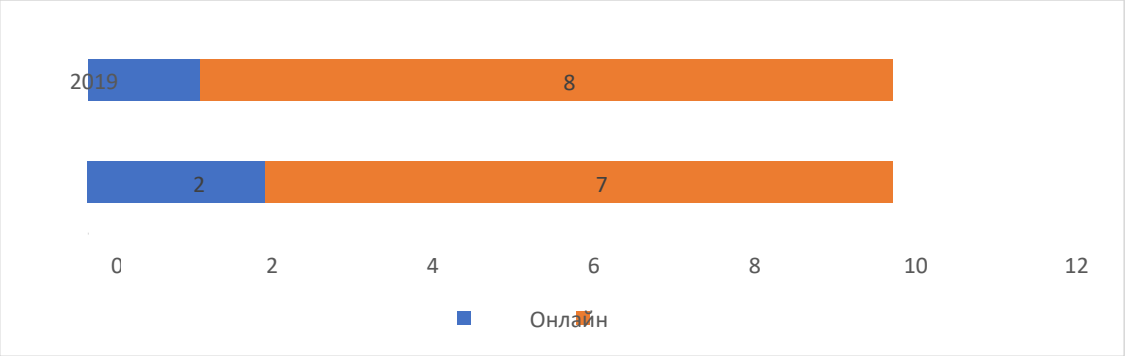


Рисунок 2 – Співвідношення витрат споживачів в онлайн та офлайн магазинах світового FMCG-ритейлу, % [10]

За дослідженням *McKinsey & Company*, більшість країн ЄС зберегли зростання e-commerce. Так, на онлайн-ритейлерів припадає більше 10% ринку роздрібної торгівлі США та більше 13% ринку у Великобританії [1], що може привести до скорочення кількості торговельних магазинів та точок продажу. Така ж тенденція спостерігається і на онлайн-ринку FMCG в Україні, який розвивається досить швидко останні декілька років. При цьому зростає популярність онлайн-замовлень, збільшується замовлень через додатки в смартфоні, розширюється асортимент онлайн-магазинів FMCG, що забезпечує ширший вибір для покупців та зростання продажів, збільшується продаж та споживання екологічно чистої продукції, відповідно розширюється мережа онлайн-магазинів, які спеціалізуються на продажах еко-продуктів[11]. За дослідженням «Основні тренди рітейлу 2022», проведеним RAU (Асоціація ритейлерів України) у партнерстві з аналітичною компанією NielsenIQ, онлайн-канал продажі сприймається як більш вигідний для покупок. Онлайн-шопінг показав стрімке зростання в усіх регіонах, включаючи Європу, де e-commerce перевищила частку у 5% від загальних продажів FMCG на таких ринках, як Франція, Бельгія, Нідерланди та Чехія[12].

Активна співпраця з місцевими товаровиробниками створює для вітчизняних торговельних операторів конкурентну перевагу у вигляді унікальної товарної пропозиції. За ініціативи ритейлерів для полегшення комунікації із постачальниками, в тому числі і місцевими товаровиробниками, у березні 2022 року на базі ресурсу Держспоживслужби

створено маркетплейс ProdUkraine.org, на якому кожен із постачальників безкоштовно може розмістити оголошення про товар або про пошук партнерів[7].

Сучасний ринок мережевої роздрібної торгівлі переживає значущі трансформації під впливом численних факторів, включаючи технологічний прогрес, зміни у споживчому підході та нові вимоги споживачів. Аналіз сучасних тенденцій у мережевій роздрібній торгівлі важливий для розуміння та адаптації підприємств до нових умов конкуренції. Серед трендів розвитку мережевої роздрібної торгівлі можна виділити:

1 Е-Комерцію та Омніканальність. Зростання використання інтернет-платформ для покупок продовжує визначати мережеву роздрібну торгівлю. Компанії все більше інвестують у вдосконалення своїх онлайн-наявності та створення омніканальних стратегій, об'єднуючи фізичні та віртуальні канали збуту.

Е-комерція включає в себе онлайн-продажі товарів та послуг через Інтернет. Це може бути здійснено на власному веб-сайті підприємства, на майданчиках електронної комерції (наприклад, Amazon, eBay) або за допомогою мобільних додатків. Наприклад, Amazon - світовий лідер у сфері е-комерції, який пропонує широкий асортимент товарів від різних продавців. Zara - модний роздрібний бренд, що успішно інтегрує е-комерцію на своєму веб-сайті та через мобільний додаток.

Омніканальний підхід передбачає інтеграцію всіх каналів продажу (фізичні магазини, онлайн-магазини, мобільні додатки) в єдину систему. Успішна стратегія omni-channel ставить споживача в центр уваги. Клієнт може замовляти товар у будь-якому каналі за будь-яких умов, проводити оплату чи передоплату різними способами: готівкою, банківськими картами або бонусними балами.

Згідно з дослідженнями на 15-30% зростають витрати покупців в мережі з омніканальністю. Клієнти Omni-channel частіше залучають друзів, знайомих, родичів, які згодом стануть новими покупцями. Магазини, в свою чергу, мають кращу лояльність покупців через доступність і згадуваність[9]. Наприклад, Starbucks - компанія успішно використовує омніканальний підхід, де клієнти можуть замовляти напої через мобільний додаток, відвідувати кав'ярні та використовувати програму лояльності. Walmart – роздрібний гігант, який інтегрує онлайн-замовлення та самовивіз в магазинах, щоб забезпечити швидку та зручну систему обслуговування.

Е-комерція та омніканальність стають необхідними компонентами успішного розвитку роздрібної торгівлі, дозволяючи підприємствам адаптуватися до змін у споживчому підході та вигравати у конкурентній боротьбі.

2 Сталість та соціальна відповідальність. У світлі розширення екологічних та соціальних викликів споживачів, компанії у роздрібній торгівлі все більше усвідомлюють необхідність прийняття сталих та соціально відповідальних практик. Так, за результатами проведеного у 2023 році опитування аналітиками Euromonitor, фактично 30% споживачів купуватимуть товари, враховуючи рівень соціальної відповідальності компанії та її політичних переконань. Для європейського ритейлу питання використання безпечної для навколишнього середовища тари є надзвичайно важливим. Також на практиці в діяльність європейських та вітчизняних ритейлерів впроваджується багато технологічних рішень, зокрема матеріали вторинної переробки, альтернативні джерела енергії, системи рекуперації, проєктування сталих споруд з відповідною сертифікацією[7]. Як приклад вирішення проблем сталого розвитку, компанія Tesco співпрацює з банком, щоб запропонувати пільгові ставки запозичень постачальникам, які розкривають дані про викиди вуглецю. Також з’являються програми для залучення споживачів. Компанія Kesko запустила додаток, за допомогою якого споживачі можуть встановлювати та контролювати кліматичні цілі для своїх кошиків[8].

Соціальна відповідальність включає в себе ряд практик, спрямованих на поліпшення умов праці, забезпечення справедливої оплати праці та підтримку

громадських ініціатив. Багато роздрібних брендів активно взаємодіють із громадськими організаціями, впроваджують програми соціального захисту працівників та беруть участь у розвитку соціально важливих проєктів у регіонах їхньої діяльності. Один із прикладів сталості та соціальної відповідальності в роздрібній торгівлі є Нова Пошта - одна із великих логістичних компаній, яка активно працює над зменшенням впливу своєї діяльності на навколишнє середовище. Компанія використовує екологічно чисті транспортні засоби та впроваджує системи відновлення та переробки упаковки.

Все більше споживачів усвідомлюють важливість сталості та соціальної відповідальності у виборі магазинів та брендів. Таким чином, роздрібні торгові підприємства, які інтегрують ці принципи у свою стратегію, мають значні конкурентні переваги та здатні відповідати вимогам ринку та суспільства.

Серед основних стратегій сталого розвитку ринку FMCG виділяють (рис.3):

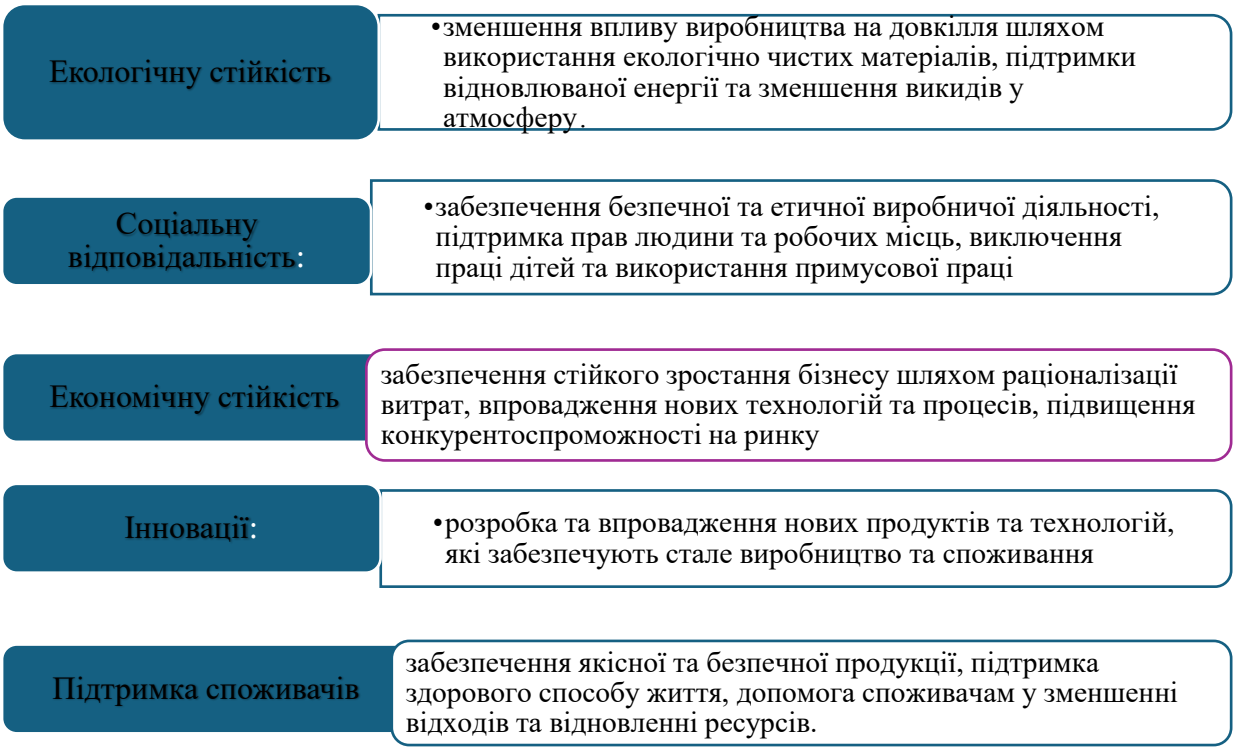


Рисунок 3 – Стратегії розвитку ринку FMCG [11]

Основна мета стратегій сталого розвитку ринку FMCG полягає у створенні більш стійкої економіки, забезпеченні здорового довкілля та підвищенні якості життя людей.

З Технології доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR). Доповнена реальність (AR) – це новітні технології, які дозволяють за допомогою цифрових даних доповнювати фізичний світ 3D-елементами в режимі реального часу. Від VR, віртуальної реальності, доповнена відрізняється тим, що не створює нове середовище, а розширює його. AR використовує середовище навколо нас та просто накладає поверх нього певну частинку віртуальної інформації, наприклад графіку, звуки та реакцію на дотики, тобто віртуальна інформація використовується як додатковий корисний інструмент, що забезпечує допомогу в повсякденній діяльності. Використання AR та VR у торгівлі дозволяє споживачам взаємодіяти з продукцією та отримувати унікальний досвід покупки, що стає новим засобом привертання уваги та підвищення залучення клієнтів. **AR не створює нову реальність, а перетворює існуючу в більш інформативну.**

У світі великих торгових мереж розробляють та впроваджують технології AR для покращення досвіду покупців. Наприклад, Lowe's в Сполучених Штатах запускає

додаток, який дозволяє клієнтам використовувати AR для вибору та розміщення меблів у своїх домівках перед покупкою. Компанія IKEA, пропонує споживачам самостійно моделювати інтер'єр кімнати, використовуючи програму, яка сама визначає оптимальний розмір віртуальних меблів, орієнтуючись на параметри кімнати.

Alibaba та Amazon активно експериментують із VR-технологіями для створення віртуальних магазинів, де клієнти можуть віртуально переглядати полиці та товари перед тим, як зробити покупку.

Технології AR та VR належать до ключових трендів у розвитку роздрібної торгівлі, надаючи нові можливості для залучення та задоволення клієнтів як у світі, так і в Україні. Інновації в цих областях не лише поліпшують споживчий досвід, але і розширюють можливості роздрібних бізнесів для залучення та утримання клієнтів.

4 Гнучкість та адаптивність ланцюга постачання. Зміни в умовах споживчого попиту вимагають гнучкості в ланцюгу постачання. Мережеві ритейли шукають інноваційні підходи до управління запасами, логістикою та постачанням для виходу на зустріч змінам на ринку.

Гнучкість та адаптивність ланцюга постачання стали критичними компонентами у сучасній роздрібній торгівлі, особливо в умовах швидкої зміни споживчих уподобань та динамічного ринкового середовища. Гнучкість у ланцюгу постачання означає здатність швидко реагувати на зміни у попиті та постачанні, адаптуючись до нових умов та вимог ринку. Дозволяючи бізнесу оперативно реагувати на зміни та оптимізувати процеси, гнучкі ланцюги постачання сприяють підвищенню конкурентоспроможності.

Світові приклади вказують на успішне впровадження гнучких стратегій у роздрібній торгівлі. Наприклад, компанії, які використовують передові технології для моніторингу попиту та автоматизації процесів постачання, можуть швидко реагувати на зміни в уподобаннях споживачів. Українські роздрібні компанії також усвідомлюють важливість гнучких ланцюгів постачання. Наприклад, впровадження систем прогнозування попиту, ефективних систем інвентаризації та технологій автоматизації допомагає підприємствам адаптуватися до швидко змінюючихся ринкових умов та забезпечує оптиматизовану роботу ланцюга постачання. Усі ці заходи спрямовані на забезпечення гнучкості та адаптивності, що дозволяє роздрібним підприємствам ефективно конкурувати та задовольняти потреби сучасних споживачів.

5 Розвиток інтернету речей (IoT). З'єднання різних пристроїв через IoT стає стандартом. У мережевій роздрібній торгівлі це виражається у створенні "розумних" магазинів, де дані з пристроїв використовуються для оптимізації обслуговування та аналізу поведінки споживачів.

Розвиток Інтернету речей (*Internet of Things*) відіграє ключову роль у трансформації роздрібної торгівлі, надаючи підприємствам та споживачам нові можливості для зручності, ефективності та персоналізації взаємодії. Ця технологічна парадигма базується на сполученні фізичних пристроїв з Інтернетом, дозволяючи збирати, обробляти та обмінюватися даними без прямого втручання людей.

Світові лідери роздрібної торгівлі активно використовують IoT для поліпшення власних операцій та взаємодії з клієнтами. Наприклад, впровадження "розумних" магазинів, де продукти мають RFID чіпи або сенсори, дозволяє автоматизувати відстеження інвентарю, оптимізувати розташування товарів і пропонувати персоналізовані рекомендації покупцям.

В Україні роздрібні компанії також виявляють інтерес до IoT-рішень. Наприклад, впровадження систем моніторингу залишків товарів, здійснення транзакцій за допомогою "розумних" терміналів, наприклад в магазинах Аврора, а також використання даних з сенсорів для аналізу поведінки покупців – все це сприяє покращенню ефективності та конкурентоспроможності. Загалом, IoT стає необхідною складовою для

побудови інноваційних та конкурентоспроможних роздрібних торгових систем, які відповідають потребам сучасного споживача та вимогам швидко змінюваного ринку. Аналіз цих тенденцій дозволяє компаніям у мережевій роздрібній торгівлі підготуватися до викликів та забезпечити конкурентні переваги в умовах швидкої зміни ринкового середовища.

6 Використання мерчандайзингу для сприйняття та розвитку роздрібної торгівлі, будуючи привабливий і ефективний магазинний простір та взаємодіючи з покупцями на різних рівнях. Ефективний мерчандайзинг включає в себе влаштування товарів, візуальні елементи, освітлення та інші фактори з метою забезпечення зручного та приємного досвіду для клієнтів. Вплив мерчандайзингу на сприйняття покупців може бути різноманітним. Наприклад, правильне розташування товарів на полицях, акцентування на нових або промоційних товарах за допомогою спеціальних візуальних елементів, використання колірних схем і дизайну магазину можуть значно покращити враження покупців і стимулювати їхні покупки. Мерчандайзинг впливає на розвиток роздрібної торгівлі, роблячи магазин привабливим для клієнтів та покращуючи його функціональність. Це може включати в себе вдосконалення організації простору, впровадження інноваційних візуальних рішень, таких як екранні табло, а також використання аналітики продажів для оптимізації асортименту товарів.

Таким чином, найважливішим напрямом розвитку мережевої роздрібної торгівлі стає використання інноваційних технологій, підвищення продуктивності праці торгового персоналу та повне задоволення потреб населення в товарах та послугах. Незважаючи на всі виклики сучасності мережевий ритейл продовжує розширювати поле та масштаби своєї діяльності, виробництво та торгівля FMCG стає одним із найбільш привабливих для інвесторів сегментом економіки.

Література

1 Толпежніков Р.О. (2021) Світові тенденції та особливості розробки стратегії розвитку підприємств сфери ритейлу. *Ефективна економіка*. №6 URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8965

2 Гладкова А.О. Менеджмент українського та світового ринку FMCG в умовах глобалізації.// Розвиток форм і методів сучасного менеджменту в умовах глобалізації: матеріали VIII наук.-практ. конф. викладачів, молодих вчених і студентів з міжнародною участю, м. Дніпро, 02-06 листоп. 2020р. Дніпро, 2020. – С.15-19.

3 Географія рітейлу-2023: в яких регіонах та як представлені гравці основних галузей торгівлі України URL: https://rau.ua/novyni/geografija-ritejlu-2023/

4 Енергетика, АЗС та супермаркети: Опендатабот зробив перелік топ-100 компаній за обігами у 2022 році. URL: Енергетика, АЗС та супермаркети: Опендатабот зробив перелік топ-100 компаній за обігами у 2022 році — Опендатабот (opendatabot.ua)

5 Топ-10 торгових операторів FMCG за кількістю магазинів та темпами відкриттів. URL: https://ua-retail.com/2022/08/top-10-torgovix-operatoriv-fmcg-za-kilkistyu-magaziniv-ta-tempami-vidkrittiv/

6 Любохинець Л.С., Поплавська О.В., Стецюк І.О. (2023) Тенденції розвитку мережевого ритейлу в умовах сучасних глобальних викликів // The 3rd International scientific and practical conference “Innovative development of science, technology and education” (December 14-16, 2023) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 1021 p – p. 921-927

7 Вісім трендів, які вплинули на роботу продуктового рітейлу в 2023 році – дослідження McKinsey. URL: https://rau.ua/novyni/visim-trendiv-2023-mckinsey/

8 Внутрішня торгівля України : монографія / А.А. Мазаракі, В.Д. Лагутін, А.Г. Герасименко [та ін.] ; за заг. ред. д-ра екон. наук, проф. А.А. Мазаракі. – Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2016. – 864 с

9 Гузенко А.О. стратегічний розвиток підприємства в умовах глобального конкурентного середовища економіки знань : дис… доктора філософії. 292 / Донецького національного університету імені Василя Стуса. Вінниця, 2022 URL: https://r.donnu.edu.ua/bitstream/123456789/2385/1/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F%20%D0%93%D1%83%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%20%D0%90.pdf

10 Майбутнє ритейлу: 3 тенденції, важливі для п’ятирічної стратегії [URL: https://blog.uamaster.com/majbutnye-ritejlu-3-tendentsiyi-vazhlivi-dlya-p-yatirichnoyi-strategiyi/

11 Дослідження українського ринку FMCG. URL: https://hub.kyivstar.ua/news/doslidzhennya-ukrayinskogo-rynku-fmcga/

12 Втрати і надбання: як війна змінила географію рітейлу, структуру продажів і взаємодію зі споживачем – дослідження RAU та NielsenIQ. URL: https://rau.ua/novyni/vijna-zminila-ritejlu-nielseniq/

13 Бугріменко Р.М. (2020) Тенденції розвитку мережевої роздрібної торгів на основі інфраструктурного маркетингу. *Науковий вісник Ужгородського національного університет.* Випуск 30. С.19-22

APPLICATION OF ACOUSTIC EMISSION AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR STEEL RESEARCH

Łazarska M.[1], Ranachowski Z.[2]
[1] Faculty of Material Engineering, Kazimierz Wielki University, Bydgoszcz, Poland
[2] Institute of Fundamental Technological Research, Polish Academy of Sciences, Warszawa, Poland

Abstract. The dynamic development of technology forces the search for new, more efficient and safer technologies, including for steel products. The proper selection of heat treatment methods has a fundamental impact on the optimal use of steel structural components. Knowledge of the phenomena occurring during heat treatment is a fundamental prerequisite for the production of products with suitable functional properties. Nowadays various methods of non-destructive testing of materials are known. Among them, the acoustic emission method occupies a very important place. The use of this research technique makes it possible to track not only the processes of cracking and damage formation, but also to study the phenomena occurring during the heat treatment of steel. The use of the acoustic emission method in combination with an artificial neural network makes it possible to analyze and identify the phase transformations occurring in steels during hardening. The results obtained in the form of an acoustic emission signal were analyzed using an artificial neural network. On its basis, it was observed that in the process of austempering of steel at the applied temperatures, complex transformations of austenite into martensite and bainite occur.
Keywords: acoustic emission, artificial neural network, austempering, phase transformations.

Introduction

Modern technological progress increases the requirements for the materials used. The development of materials science, materials engineering and metal science is heading towards the production of materials with properties that meet the expectations of increasingly demanding consumers. One of the methods by which the properties of steel products and, consequently, the quality of finished products can be improved is heat treatment. A prerequisite for the production of materials with suitable functional properties is a sound knowledge of the physical processes occurring during the production process. After heat treatment, steel may have a mixed microstructure consisting of various transformation products. In turn, transformation products may be the result of various mechanisms that may influence each other [1-4]. Therefore, an adequate understanding of the mechanisms of phase transformations is a basic design criterion for producing modern steels.

The acoustic emission (AE) measurement method is now widely used in various fields of science and industry [5-8]. In the AE method, elastic waves generated in the tested objects under the influence of the occurring phase transformations or decohesion of the microstructure of these objects are recorded. The elastic waves are recorded by a sensor placed on the surface of the test object. Analysis of the energy and frequency of the recorded signal allows for the indication of changes occurring within the AE signal sources. In a series of experiments, it was found that the deformation of the crystalline microstructure of steel in austenite-martensite and austenite-bainite transformations is the source of the AE signal [9].

Automation of the AE measurement procedure offers the possibility of controlling selected heat treatment processes. However, in order to do so, it is necessary to more fully investigate the parameters of the AE signal, especially those generated during the austempering process. The ability to track the kinetics of phase transformations during hardening can facilitate

the design of new heat treatment methods. In turn, improved heat treatment methods can significantly affect the quality of the products obtained in this process.

An algorithm using an artificial neural network was used to analyze the AE signal generated by a large number of sources subject to evolution as a function of time. Artificial neural networks are successfully used in information processing, speech recognition, classification of spatial objects and medical diagnosis. They are used to analyze various processes and changes in the physical properties of technical objects. They can be successfully used as tools for analyzing and identifying phenomena occurring during austempering of steel [6].

Research methodology

The AE signal generated as a result of the phase transformations taking place during austempering of the steel was recorded using the original measurement set-up. A schematic of the test stand is shown in Figure 1.

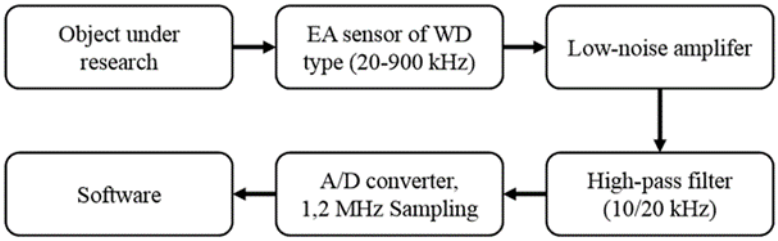


Fig. 1. Schematic of the AE test stand

The AE signal was recorded using a differential wideband WD-type sensor (20-900 kHz). The sensor was connected to a low-noise amplifier, whose noise level in the operating band did not exceed 50 microvolts rms (peak-to-peak). The amplifier allowed signal amplification in the range of 20-60 dB. During the measurements, the maximum possible signal amplification was used. A high-pass filter, attached to the output of the amplifier, made it possible to eliminate background noise coming from the apparatus' surroundings. The amplified and noise-free AE signal was transferred to a PC with a built-in 12-bit analog-to-digital converter card. An ADLINK type 9812 converter with a sampling frequency of 1.2 MHz was used. The measurement system presented here made it possible to conduct AE signal recording in 240 seconds. After the registration was completed, a file in .wav format was generated on the hard disk of the control computer, the size of which was 576 Megabytes.

The measurement system was equipped with software for analyzing the recorded signal. The software set included the SPECTRUM program for graphical presentation of the AE signal in the form of a spectrogram, that is, in the time-frequency system, and a set of programs for filtering the recorded signal using a neural network and, subsequently, for graphical presentation of the representation of the results of this operation.

Analysis of the recorded AE signal using a neural network was carried out in three stages, using three programs. In the first stage, the acoustic emission signal was recorded and segmented into subsets of 7.5 ms duration. Then a forty-element spectral characteristic was determined for each subset. An example of the spectral characteristics is shown in Figure 2.

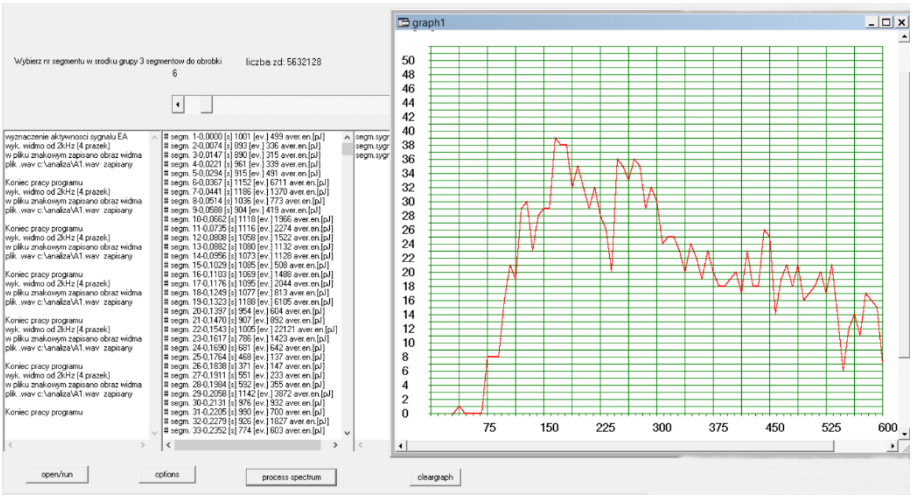


Fig. 2. Example of spectral characteristics

In the next step, the energy of AE events was determined and the ranges of levels of recorded AE event energy were determined. The four pairs of patterns required for the network learning process were each determined, for high, medium and low energy events. The spectral characteristics of these patterns, that is, forty-element feature vectors, were transformed into a form that allowed them to be input to the neural network. The neural network used had 4,000 binary inputs (i.e. zero meant no signal, and one meant a signal appeared). The artificial neural network, after the learning procedure, acquired the functionality of classifying sets of spectral characteristics given to its input in terms of their similarity to learned patterns.

Results of the research

As a result of the austempering process of unalloyed tool steel, signal records were obtained for temperatures below the Ms of the tested steel. Figure 3 shows the time course of the rms value of the AE signal. While Figure 4 shows the spectrogram of the AE signal.

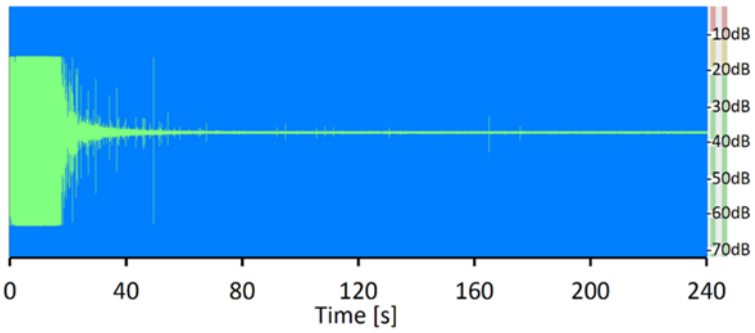


Fig. 3. AE signal for unalloyed steel

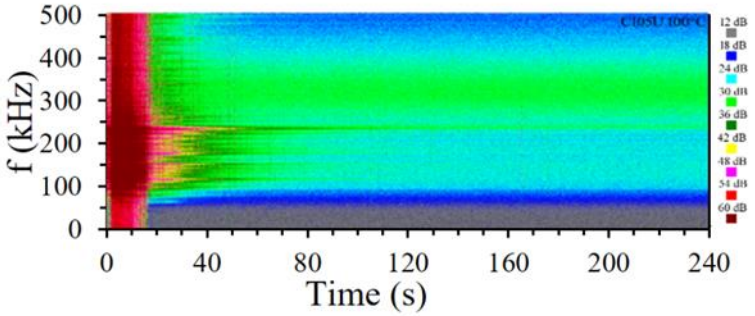


Fig. 4. Spectrogram of the energy spectrum of the AE signal, horizontal axis - signal recording time, vertical axis - signal frequency

The energy of the acoustic emission signal for unalloyed steel is quite low, and it can be observed on the presented spectrograms that in the case of this steel the transformation takes place in a very short time. This course of phase transformation is influenced by many factors. Among them are the steel grade and alloying additive content, the temperature of the heat treatment processes and the physical phenomena that occur. The phenomena can include dislocation displacement due to plastic deformation, the formation of twins, or displacement-type phase transformations.

The time dependence of the frequency of AE events correlated with the patterns is shown in Figure 5.

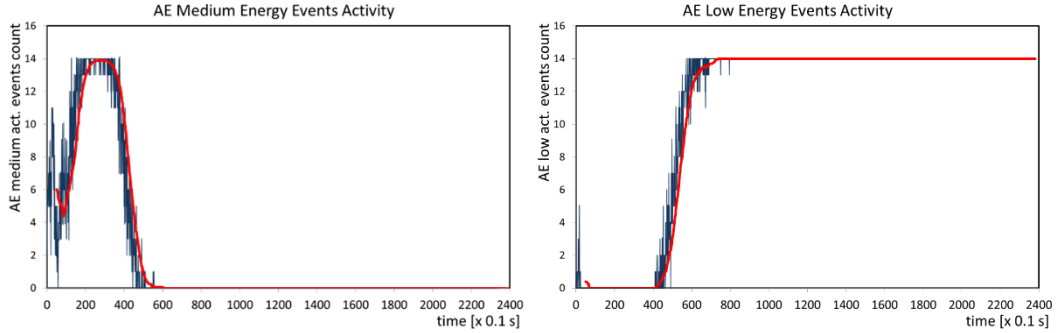


Fig. 5. Time dependence of the frequency of EA events correlated with patterns for unalloyed steel for medium and low energy events

The use of filtering of the recorded signal by the neural network method created the possibility of separating events coming from two different processes, phase transformations. The highest intensity of the generation of events of average energy in the studied process for the signal obtained during austempering of steel at 100˚C is in the range of 20-30 s and indicates a bainitic transformation. Later in the process, the intensity of events decreases sharply and stabilizes after 60 s to the acoustic background.

Conclusions

1. The software that identifies AE events with different energy values has made it possible to separate AE events originating from phase transformations and, in addition, to track the kinetics of transformations occurring during the hardening of steel.
2. An extensive population of events with different energy values was identified in the studied AE signal.

3. In order to effectively analyze the AE signal, it was necessary to determine patterns of spectral characteristics that were then used to identify the stages of the ongoing phase transformation.
4. The use of methods that enable control of the beginning and end of phase transformations can contribute to the optimization of industrial processes.
5. Monitoring heat treatment processes has a significant impact on the utility values of finished industrial products
6. Using an artificial neural network to analyze the AE signal made it possible to separate the processes taking place.

This work was co-financed by the Polish
Minister of Science under the program "Regional Initiative of Excellence"

References

1. Kurdjumov G.V., Maksimova O.P., (1948). Kinetics of Austenite to Martensite Transformation at Low Temperatures, Dokl. Akad. Nauk. SSSR.
2. Zhi-Gang Yang, Hong-Sheng Fang, (2005). An overview on bainite formation in steels, Current Opinion in Solid State and Materials Science, 9, 277-286, 2005.
3. Bhadeshia H.K.D.H, (2001). Bainite in Steels, 2-nd ed. London, The Institute of Materials.
4. Woźniak T.Z., (2004). Modelowanie kinetyki równoczesnego rozpadu austenitu na dwa produkty, Zeszyty Naukowe, ATR, Bydgoszcz, Mechanika.
5. S. M. C. Van Bohemen, (2004). An acoustic emission study of martensitic and bainitic transformations in carbon steel, University Press Delft.
6. Łazarska M., Woźniak T.Z., Ranachowski Z., Trafarski A., Domek G., (2017). Analysis of acoustic emission signals at austempering of steels using neural networks, Metals and Materials International.
7. Yang Li, Gui-yong Xiao, Lu-bin Chen, Yu-peng Lu, (2014). Acoustic emission study of the plastic deformation of quenched and partitioned 35CrMnSiA steel, International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials.
8. Pawełek A., Ozgowicz W.S., Ranachowski Z., Kúdela S., (2017). Behaviour of Acoustic Emission in Deformation and Microcracking Processes of Mg Alloys Matrix Composites Subjected to Compression Tests, Archives of Current Research International.
9. Pawełek A., (2006). Dyslokacyjne aspekty emisji akustycznej w procesach odkształcenia plastycznego metali, Polska Akademia Nauk, Instytut Metalurgii Inżynierii Materiałowej w Krakowie, Wyd. OREKOP S.C., Kraków.

ENSURING CONFIDENCE IN NEURAL NETWORK DECISIONS IN MEDICAL DIAGNOSTICS BASED ON VISUAL DATA

E. Manziuk, T. Skrypnyk, T. Lukmanov, O. Kyrychenko
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The paper presents a novel method for medical image analysis that combines the high accuracy of deep learning models and the interpretability of logical models. The proposed approach involves training a convolutional neural network (CNN) for accurate image classification, applying a spatial attention mechanism to localize important features, and constructing an interpretable Decision Rule Network (DRN) based on these features. The DRN is a set of logical rules linking feature values to diagnoses, allowing for transparent decision-making.
The method was evaluated on brain MRI scans, achieving high accuracy with the CNN (>95%) and interpretability with the DRN. The authors emphasize the importance of achieving consistency between the CNN and DRN decisions for specific clinical cases, ensuring trust and compliance with ethical and regulatory requirements in medical AI applications.
Keywords: medical image analysis, convolutional neural networks, explainable AI, Decision Rule Network, interpretability.

Introduction

Accelerating development of information systems is accompanied by the expansion of their practical applications, including the integration of intelligent systems - both relatively simple algorithmic decision-making systems and artificial intelligence (AI) systems.

The use of intelligent systems in practical tasks required the development of normative documents to regulate the requirements and limitations of AI application in order to ensure safety, prevent harm, etc. The General Data Protection Regulation (GDPR) and the EU Ethical Principles for the management, development and use of AI have been adopted. They recognize the user's right to receive an explanation of decisions made by AI systems.

Medical AI systems are one of the areas of practical application that are subject to all the necessary requirements of safety, reliability and criticality. AI in medicine is undoubtedly necessary and important, but its use should not be limited only to improving the efficiency of certain safe tasks. The medical field is an area of critical decision-making.

There are challenges to the use of AI in medicine:

1. Risk of poor decisions with serious consequences for the patient's health.
2. Deficiencies in error detection systems.
3. The need for interpretability for physicians and patients to understand the reasons for decision making.
4. The need to incentivize the development of interpretable machine learning models for medicine.
5. The issue of accountability for misdiagnoses or decisions.
6. Ethical issues and confidentiality.
7. The need for training and adaptation of AI systems.

The purpose of this work is to develop a method that will allow to identify and analyze the attributes that influence the decision-making of an AI system in the diagnosis of clinical diseases. This will help to move from abstract models to practical application of intelligent systems in medicine, taking into account ethical aspects, legal compliance and trust building.

Related Works

The problem of trust in AI systems has become relevant due to the acceleration of their practical implementation and has revealed new aspects that need to be addressed. In the medical field, trust has two important aspects: social and technical. From a social point of view, trust is

an important aspect of patient-physician interaction. The patient is in a vulnerable state and has to seek external help by trusting the doctor.

The use of AI systems introduces a new dimension to patient-physician interaction, which may weaken overall trust [1]. Despite high results, the level of trust in AI systems is low, so they cannot be considered reliable. In situations where patients have to rely on AI systems to make important medical decisions, this may lead to a decrease in trust in clinical practice [2].

A number of studies have focused on building AI systems that meet a set of trust requirements. The concept of trust based on ethical principles has been studied [3]. Metrics have been proposed for assessing trust in AI using the explanatory power of expert systems. Concerns have been raised about the potential dangers of "black box" algorithms, limiting the practical application of AI to medical aspects where transparency and interpretability of decisions are not required.

The literature review showed that despite active research in the field of explainable AI (XAI) and decision visualization of deep learning models for medical image analysis tasks, full interpretability of decision logic at the level of medical concepts and rules has not yet been achieved.

Thus, there is a need to develop new methods for medical image analysis that combine the high accuracy of pathology detection achieved by deep learning and the interpretability of decisions at the level of medical terms and rules.

Proposed Method

This paper proposes a method that combines the advantages of deep learning for accurate medical image analysis and logic models to ensure interpretability of decisions.

The method includes the following steps:

1. Build a complex convolutional neural network (e.g., VGG-16) for image analysis and pathology classification. This network provides high accuracy, but its decisions are difficult to interpret.

2. Applying the spatial attention mechanism to the output feature maps of the convolutional network. This allows to select key image regions important for classification.

3. Development of a simplified interpretable model based on selected features - Decision Rule Network (DRN). DRN is a logical model in the form of a set of interpretable rules linking feature values to diagnosis.

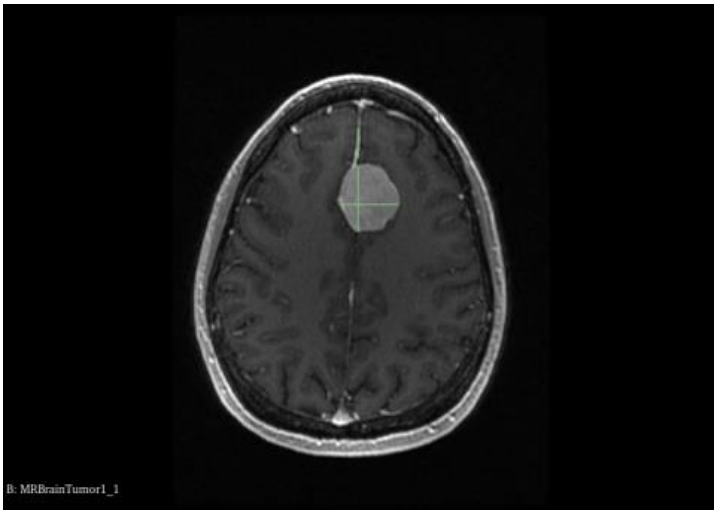


Fig. 1. A depiction of the human brain captured through magnetic resonance imaging (MRI)

Require local decision consistency between the complex and simplified models for specific clinical cases. This ensures consistency of conclusions and allows clinicians to understand the logic of decision making.

Iterations are performed to build an interpretable DRN classifier for a local clinical case:

1. Extracting deep features from training set using convolutional network.
2. Selection of relevant features for the current case.
3. Constructing DRNs on these features.

The cycle is repeated until the consistency of convolution network and DRN decisions for a given clinical case is achieved.

Experimental Results

The proposed method was applied to analyze MR images of the brain for pathologies. A publicly available dataset containing 3D MRI scans and corresponding diagnoses made by expert radiologists was used.

In the first stage, a VGG-16 convolutional neural network was trained on the dataset. The network demonstrated high accuracy of pathology classification - more than 95%. However, its decisions are difficult to interpret due to the large size and high complexity of the model.

An interpretable DRN model was then constructed based on the features extracted by VGG-16 using a spatial attention mechanism. DRN was a set of logical rules linking feature values to diagnoses in the form "If {condition}, then {diagnosis}".

The accuracy of DRN on the test set was 76%, which is lower than that of VGG-16, but its decisions were much more interpretable. Analysis of the extracted rules allowed us to identify features that play a key role in the diagnosis of various pathologies on MRI.

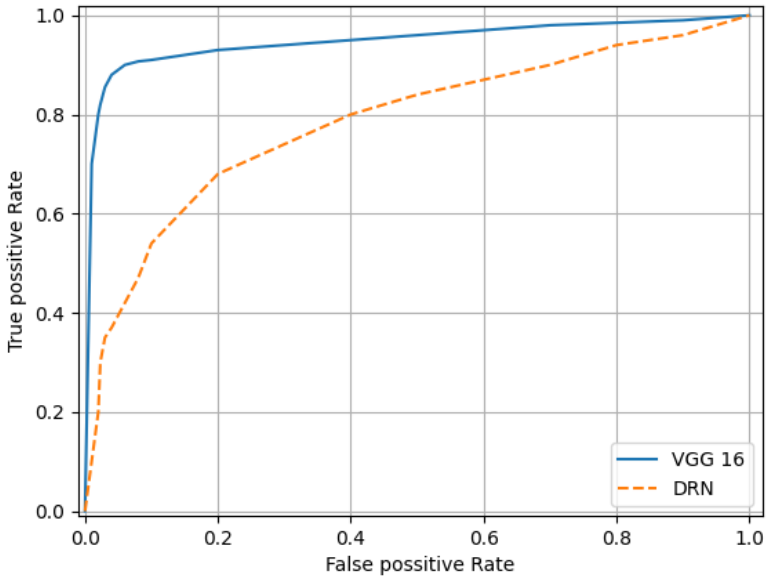


Fig. 2. ROC curve representing the classification performance of neural networks VGG-16 and DRN

For example, such signs as the presence of foci of increased intensity in periventricular regions, white matter structurelessness, loss of corpus callosum volume, etc. have proved to be important for the diagnosis of multiple sclerosis.

Visualization of these features on baseline MRI scans allowed expert clinicians to test the validity of the DRN findings and assess its consistency with clinical guidelines.

To ensure consistency between the accurate but uninterpretable VGG-16 and the simpler but explainable DRN, a requirement for local consistency of decisions for specific clinical cases was introduced. Through an iterative process of relevant feature sampling and DRN tweaking, a situation was reached where both models produced consistent diagnoses on images from a given case.

Thus, the proposed method has effectively combined the high accuracy of deep learning and interpretability of logic models in the task of medical image analysis. This may contribute to a safer and more responsible implementation of AI in clinical practice.

Conclusions

A novel approach to medical image analysis is presented that combines the advantages of deep learning for high-precision classification and logic models for interpretability of decisions. The key components are a convolutional neural network for extracting informative features, an attention mechanism for localizing these features, and an interpretable logic model in the form of a set of rules for explaining diagnoses.

Experimental results on the task of analyzing MRI brain scans demonstrate high accuracy of pathology classification by convolutional network (>95%) along with the ability to understand the reasons for decision making by visualizing important features and logical rules in the interpreted model.

A balance is achieved between the high performance of state-of-the-art deep learning technologies and the ability to explain the system's findings in a manner consistent with the principles of trust, fairness, privacy, and other ethical requirements for AI.

The proposed approach paves the way for the safe and responsible application of artificial intelligence technologies in the critical field of medicine, while fully complying with ethical and regulatory requirements.

References

1. Hatherley J.J.. Limits of trust in medical AI. Journal of Medical Ethics. 2020. Vol. 46, No. 7, P. 478-481. doi: 10.1136/medethics-2019-105935.
2. Durán J.M., Jongsma K.R.. Who is afraid of black box algorithms? On the epistemological and ethical basis of trust in medical AI. Journal of Medical Ethics. 2021. Vol. 47, No. 5, P. 329-335. doi: 10.1136/medethics-2020-106820.
3. Hasani N., Morris M.A., Rahmim A. et al. Trustworthy Artificial Intelligence in Medical Imaging. PET Clinics. 2022. Vol. 17, No. 1, P. 1-12. doi: 10.1016/j.cpet.2021.09.007.

THE METHOD OF DETERMINING THE DEPENDENCE OF THE INTERNAL ACTIVE RESISTANCE R(T) AND THE CAPACITY C(T) OF THE SUPERCAPACITOR IN TIME

Martynyuk V., Kosenkov V., Paiuk V.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. A method of determining the dependences R(t) and C(t) in the transient processes of charge and discharge of a supercapacitor is proposed. The analysis confirmed that the active resistance R(t) and capacitance C(t) of the supercapacitor are functions of time. Recommendations for the average value R(t) in the transient charge process of the studied supercapacitor with a nominal capacity of 10 F have been formulated. An approximate formula C(t) for determining the dependence in the transient process is given, which correlates with the justification of the fractional order of supercapacitor capacity.
The main advantage of supercapacitors compared to batteries is their low internal active resistance R(t), which allows for high pulse discharge currents and a much larger number of charge-discharge cycles. This determines the use of supercapacitors in devices where it is necessary to create large discharge currents, as well as to ensure a long service life without replacing supercapacitors.
The research carried out by the authors shows that the internal active resistance R(t) and the capacity C(t) of the supercapacitor change over time during its charging and discharging. Therefore, to determine the dependence of the change of the internal active resistance R(t) and the capacity C(t) of the supercapacitor in time is an important task for modeling and using supercapacitors.
Keywords: supercapacitor, active resistance, capacitance, transient process.

Introduction

The main advantage of supercapacitors compared to batteries is their low internal active resistance R(t), which allows for high pulse discharge currents and a much larger number of charge-discharge cycles. This determines the use of supercapacitors in devices where it is necessary to create large discharge currents, as well as to ensure a long service life without replacing supercapacitors.

The research carried out by the authors [1-10] shows that the internal active resistance R(t) and the capacity C(t) of the supercapacitor change over time during its charging and discharging. Therefore, to determine the dependence of the change of the internal active resistance R(t) and the capacity C(t) of the supercapacitor in time is an important task for modeling and using supercapacitors.

Features of the proposed method

Consider the equivalent circuit of replacing the supercapacitor in the form of a series connection of the active resistance R(t) and the capacitance C(t), which change over time, as well as a series connected regulated source of constant voltage E(t).

The connection of the regulated constant voltage source E(t) to the supercapacitor is carried out using the S1 key, and the supercapacitor is discharged using the S2 key. Current and voltage in the circuit are measured using ammeter A and voltmeter V, as shown in Fig. 1.

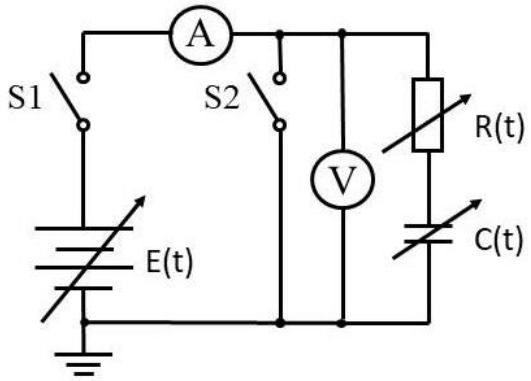


Fig. 1. The schematic for determining the active resistance R(t) and the capacity C(t) of the supercapacitor

The proposed method is performed in the following sequence.

1. Let's set the value of the adjustable constant voltage source E(t) to the level, as shown in Fig. 2.

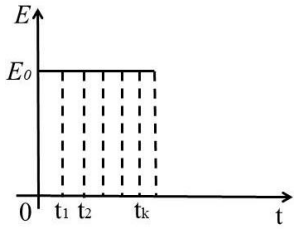


Fig. 2. Connecting the supercapacitor to a constant voltage E_0=const

The S2 key is open, the S1 key is closed. We measure the current passing through the supercapacitor, as shown in Fig. 3.

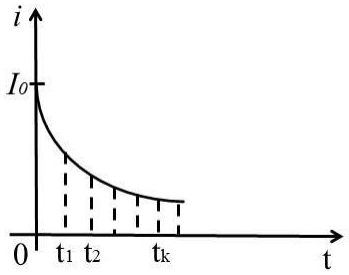


Fig. 3. Dependence of the change of current in time, which passes through a supercapacitor when it is connected to a source of constant voltage E_0=const

Given that the internal active resistance R(t) and capacitance C(t) of the supercapacitor vary with time, its time constant $\tau(t) = R(t) \cdot C(t)$ also varies with time.

2. We will approximate the change in current over time i(t), which passes through the supercapacitor, for each measured current value i(t) in accordance with expression (1):

$$i = \frac{E_0}{R_0} e^{-\frac{t}{\tau(t)}}, \quad (1)$$

where R_0 is the active resistance of the circuit, which limits the current at the moment of time when the key S1 is closed.

$$R_0 = \frac{E_0}{I_0}, \quad (2)$$

$$i = I_0 e^{-\frac{t}{\tau(t)}}. \quad (3)$$

Let's perform the logarithm of expression (3):

$$\ln\left(\frac{i}{I_0}\right)=\ln(e)=-\frac{t}{\tau(t)}, \tag{4}$$

$$\tau(t)=-\frac{t}{\ln\left(\frac{i}{I_0}\right)}. \tag{5}$$

3. The S1 key is open, the S2 key is closed to discharge the supercapacitor. After the discharge of the supercapacitor, open the S2 key again and close the S1 key. At the moment of time t1, we increase the value of the constant voltage of the regulated source E(t) to the level $E_1 = E_0 + \Delta E = const$, as shown in Fig. 4.

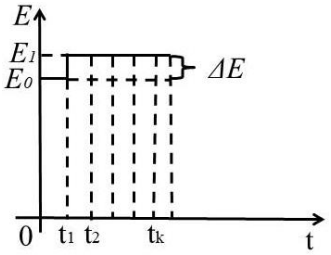


Fig. 4. Connecting the supercapacitor to a constant voltage $E_1 = E_0 + \Delta E = const$

After increasing the value of the constant voltage of the adjustable source E(t) to the level at the time t_1, there will be a jump-like increase in the current through the supercapacitor by the amount (Fig. 5).

4. Determine the active resistance of the circuit at the moment of time t_1 using the expression:

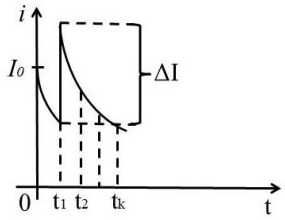


Fig. 5. Step like increase in the current $i(t)$ *through the supercapacitor by an amount when the constant voltage of the regulated source increases by an amount* ΔE

$$R_1=\frac{\Delta V}{\Delta I}. \tag{6}$$

5. Determine the capacity of the supercapacitor at time t_1 using the expression:

$$C_1=\frac{\tau_1}{R_1}. \tag{7}$$

6. To find the active resistance and capacity of the supercapacitor at the instant of time t_2, t_3,..., t_k, it is necessary to return to the initial conditions at the instant of time t=0 (completely discharge the supercapacitor), and then repeat points 3-5 again, but already for the instants of time t_2, t_3,..., t_k.

The proposed method for determining the dependence of the internal active resistance R(t) and the capacity C(t) of the supercapacitor over time does not take into account the internal resistance of the adjustable constant voltage source E(t), which reduces its accuracy.

To increase the accuracy of determining the dependence of the internal active resistance R(t) and the capacity C(t) of the supercapacitor in time, we will replace the regulated source of

constant voltage E(t) in the schematic (Fig. 1) with a source of constant voltage E_1 with internal resistance R_{in1}, as shown in Fig. 6.

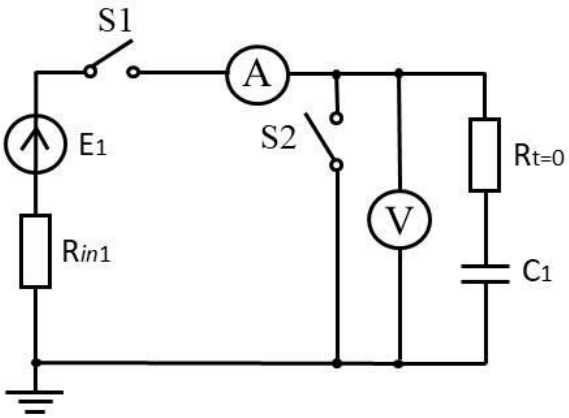


Fig. 6. The schematic for determining the active resistance R(t) and capacity C(t) of the supercapacitor, taking into account the internal resistance of the constant voltage source

The total active resistance of the circuit shown in Fig. 6, is defined by the expression:

$$R_1 = R_{in1} + R_{t=0}. \quad (8)$$

The voltage on the capacitors and the current in the circuit (Fig. 6) are determined by the expressions:

$$u(t) = E_1 - E_1 e^{-\frac{t}{R_1 C_1}}, \quad (9)$$

$$i(t) = \frac{E_1}{R_1} e^{-\frac{t}{R_1 C_1}}. \quad (10)$$

The voltage change of the adjustable constant voltage source E(t) can be conditionally modeled by adding another constant voltage source E_2 with an internal resistance R_{in2}, as shown in Fig. 7.

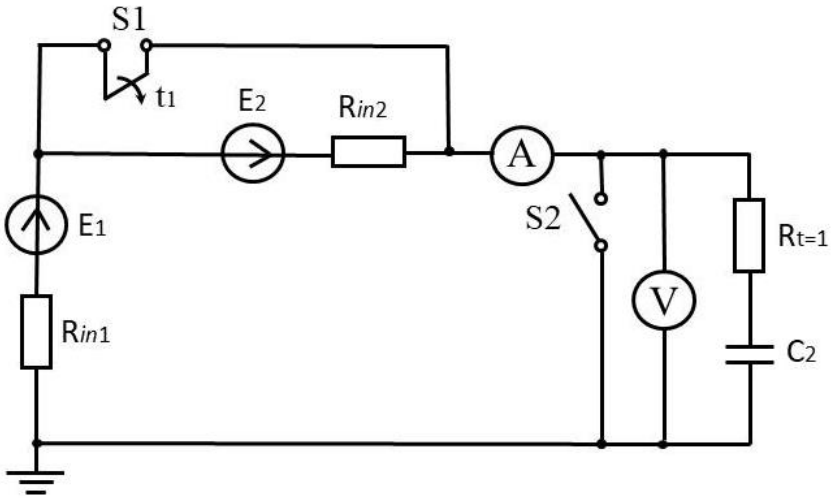


Fig. 7. The schematic for determining the active resistance R(t) and capacity C(t) of the supercapacitor, taking into account internal resistances and sources of constant voltage

The total active resistance of the circuit shown in Fig. 7, is determined by the expression:

$$R_2 = R_{in1} + R_{in2} + R_{t=1}. \quad (11)$$

At the moment of time t=t_1, the switch S1 opens, then the voltage on the capacitor is determined by the expression:

$$u_{Ct1} = E_1 - E_1 e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}}. \quad (12)$$

The transient voltage is determined by the expression:

$$u(t) = E_1 + E_2 + Ae^{-\frac{t-t_2}{R_2 C_2}}, \quad (13)$$

At t=t_1 we get:

$$E_1 - E_1 e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}} = E_1 + E_2 + A, \quad (14)$$

$$A = -E_2 - E_1 e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}}, \quad (15)$$

$$u(t) = E_1 + E_2 + \left(-E_2 - E_1 e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}}\right) e^{-\frac{t-t_1}{R_2 C_2}}, \quad (16)$$

$$i(t) = C\frac{du(t)}{dt} = C_2\left(-\frac{1}{R_2 C_2}\right)\left(-E_2 - E_1 e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}}\right) e^{-\frac{t-t_1}{R_2 C_2}} = \frac{1}{R_2}\left(E_2 + E_1 e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}}\right) e^{-\frac{t-t_1}{R_2 C_2}}. \quad (17)$$

At the moment of time t=t_1, the current is determined by the expression:

$$i_{t1} = \frac{1}{R_2}\left(E_2 + E_1 e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}}\right). \quad (18)$$

If one more constant voltage source E_2 with internal resistance R_{in2} is not added at the time t=t_1, the current is determined by the expression:

$$i_{t1} = \frac{E_1}{R_2} e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}}. \quad (19)$$

Taking into account expressions (18) and (19), the value of the current jump at the time t=t_1 when connecting another source of constant voltage E_2 with internal resistance R_{in2} can be determined using the expression:

$$\Delta I = \frac{1}{R_2}\left(E_2 + E_1 e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}}\right) - \frac{E_1}{R_1} e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}} = \frac{E_2}{R_2} + \left(\frac{E_1}{R_2} - \frac{E_1}{R_1}\right) e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}}. \quad (20)$$

From expression (20), we can conclude that $\Delta I \neq \frac{E_2}{R_2}$, and $\Delta I = \frac{E_2}{R_2}$ only when $R_1 = R_2$ and $R_{in1} = R_{in2} = 0$.

Let's perform mathematical transformations on expression (20) and get the resistance expression R_2:

$$\Delta I = \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_1}{R_2} e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}} - \frac{E_1}{R_1} e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}}, \quad (21)$$

$$\Delta I + \frac{E_1}{R_1} e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}} = \frac{1}{R_2}\left(E_2 + E_1 e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}}\right), \quad (22)$$

$$R_2 = \frac{E_2 + E_1 e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}}}{\Delta I + \frac{E_1}{R_1} e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}}}, \quad (23)$$

$$R_{t=1} = R_2 - R_{in1} - R_{in2}. \quad (24)$$

If the time increment Δt is small, then the expression $\left(\frac{E_1}{R_2} - \frac{E_1}{R_1}\right) e^{-\frac{t_1}{R_1 C_1}}$ refers to the value of the second order of smallness, then $\Delta I \approx \frac{E_2}{R_2}$.

Conducting an experiment

The experiment was conducted according to two schematics.

Schematic No. 1.

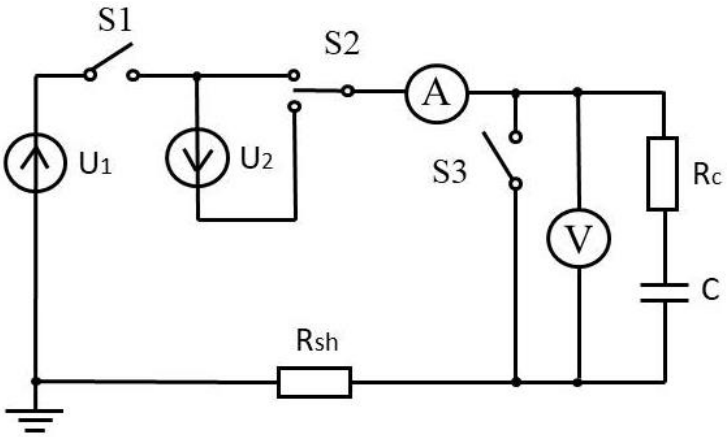


Fig. 8. Schematic No. 1 for conducting an experiment

The voltage source U_1 is intended to charge the supercapacitor, and the voltage source U_2 is intended to be briefly turned on in the charge circuit at certain moments of time in order to determine the resistance of the supercapacitor at the same moments of time.

The resistance R_{sh} limits the charge current and allows you to increase the time of the transition process in the circuit for the convenience of observation and with its help the charge current is measured.

First, the charging characteristic of the supercapacitor is measured when it is connected to a voltage source $U_1 = 1.5V$. Next, the supercapacitor is disconnected and discharged. Considering the charge process to be exponential, the dependence of the time constant $\tau(t)$ is determined from the charge characteristic of the supercapacitor.

Next, the discharged supercapacitor is connected to the voltage $U_1 = 1.5V$, and at the moment of time, for example $t = 20s$, the voltage $U_2 = 0.5V$ is added for 2...3 seconds to fix the voltage jump. After that, the circuit is disconnected from the power source, and the supercapacitor is discharged. The value of the voltage jump determines the resistance of the circuit for a given moment of time in accordance with expression (25):

$$R = R_{sh} + R_C, \quad (25)$$

where R_C is the resistance of the supercapacitor.

The process is repeated for different time points of the charge curve. As a result, we will get the values in table 1.

Table 1. The results of experimental research at $U_1 = 1.5V$, $U_2 = 0.5V$ *and* $R_{sh} = 3.3Ohm$

t, s	1	20	40	60	80
R, Ohm	4.13	4.85	5.00	4.85	4.72
R_C, Ohm	0.83	1.55	1.70	1.55	1.42
C, F	-	7.02	8.00	9.16	10.16

The value of the capacity C of the supercapacitor is obtained from expression (26):

$$C = \frac{\tau(t)}{R(t)}. \tag{26}$$

Experimental studies were also conducted at $U_1 = 1.5V$, $U_2 = 0.4V$ and $U_2 = 0.6V$, but the results practically do not differ from those obtained in Table 1 at $U_1 = 1.5V$, $U_2 = 0.5V$.

Experimental studies were also conducted for $U_1 = 1.0V$ and $U_1 = 2.0V$ at $U_2 = 0.5V$. The obtained results differ from those shown in Table 1, which confirms the dependence $R(t)$ and $C(t)$ of the supercapacitor in the transient process on the initial conditions. The obtained results are shown in Table 2 and Table 3.

Table 2. The results of experimental research at $U_1 = 1.0V$, $U_2 = 0.5V$ *and* $R_{sh} = 3.3Ohm$

t, s	1	20	40	60	80
R, Ohm	5.00	7.81	5.32	4.85	4.65
R_C, Ohm	1.70	4.51	2.02	1.55	1.35
C, F	-	4.61	6.95	7.84	8.60

Table 3. The results of experimental research at $U_1 = 2.0V$, $U_2 = 0.5V$ *and* $R_{sh} = 3.3Ohm$

t, s	1	20	40	60	80
R, Ohm	4.00	5.60	5.00	4.85	4.85
R_C, Ohm	0.7	2.30	1.70	1.55	1.55
C, F	-	6.60	8.2	9.48	10.10

The results of the measurements show that despite the different values $R_C(t)$ in the transition process to the moment of charge (t=60s; t=80s), $R_C(t)$ for the supercapacitor it approaches the values of 1.4Ω...1.55Ω.

An even greater difference in values $R_C(t)$ is observed in the case of an increase in the charge current, when $R_{sh} = 1,0Ohm$.

Table 4. The results of experimental research at $U_1 = 1.5V$, $U_2 = 0.5V$ *and* $R_{sh} = 1.0Ohm$

t, s	1	20	40	60	80

R, Ohm	1.67	4.17	2.63	2.50	2.40
R_C, Ohm	0.67	3.17	1.63	1.50	1.40
C, F	-	4.91	8.36	10.00	11.05

Analyzing the results of experimental research, we can conclude that by the time the supercapacitor is charged $R_C(t) \to 1,50\ Ом$.

Studies of the supercapacitor discharge process were also carried out at $U_1 = 1.5V$, $U_2 = 0.5V$ and $R_{sh} = 3.3Ohm$, according to the schematic shown in Fig. 9.

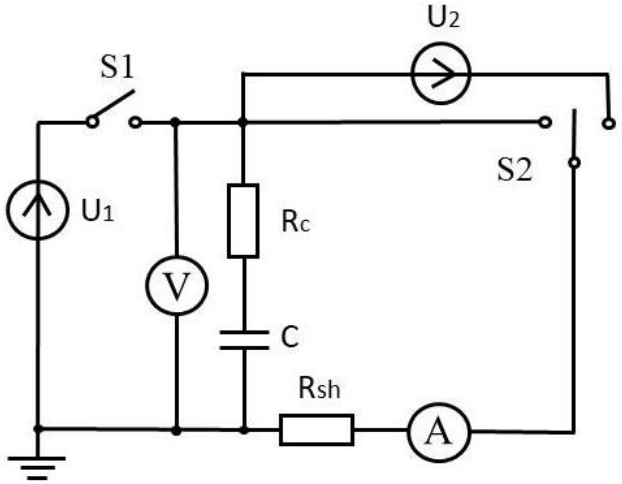


Fig. 9. Schematic for studying the supercapacitor discharge process

After each connection to $U_2 = 0.5V$ the supercapacitor was charged to $U_1 = 1.5V$ and the discharge process was repeated. The obtained values are shown in Table 5.

Table 5. The results of experimental studies for the supercapacitor discharge process at $U_1 = 1.5V, U_2 = 0.5V$ and $R_{sh} = 3.3Ohm$

t, s	1	20	40	60	80
R, Ohm	3.66	4.55	4.72	4.350	7.75
R_C, Ohm	0.36	1.25	1.42	1.05	1.05
C, F	10.00	7.91	7.20	7.12	6.90

As a result of the conducted experimental studies, dependencies R(t) and C(t) were also obtained for a specific supercapacitor. The dependence R(t) can be described by a polynomial even of the 3rd degree, and the dependence C(t) is described by the expression (27):

$$C(t) = C_N^{\alpha} \cdot t^{0,3}, \quad (27)$$

where $C_N = 10F$ is the nominal value of the supercapacitor capacity;

$\alpha = 0.43$.

Calculated and experimental values of the dependence of capacity on time are given in Table 6.

Table 6. The results of experimental studies for the supercapacitor discharge process at $U_1 = 1.5V, U_2 = 0.5V$ *and* $R_{sh} = 3.3Ohm$

t, s	20	40	60	80
C, F according to experimental data	7.02	8.00	9.16	10.16
C, F according to the formula	6.88	8.15	9.20	10.05

For a different voltage U_1, α will have a different value. But, if the battery of supercapacitors works in parallel with a battery whose voltage cannot change by more than 20% of the nominal value, then for the charge process you can accept $R_C = 1.55Ohm$, and for the discharge process of supercapacitors $R_C = 1.25Ohm$.

In addition, research was carried out according to schematic No. 2, which is shown in fig. 10, where the connection occurs without breaking the circuit. The results practically coincided with the experiments according to schematic No. 1.

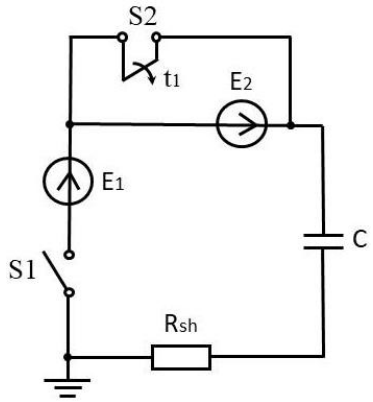


Fig. 10. Schematic No. 2 for conducting the experiment

The analysis of the charge current curves for different (1.0 V, 1.5 V and 2.0 V) shows that for the studied supercapacitor the dependence $\tau(t)$ is almost linear starting from t=20 s.

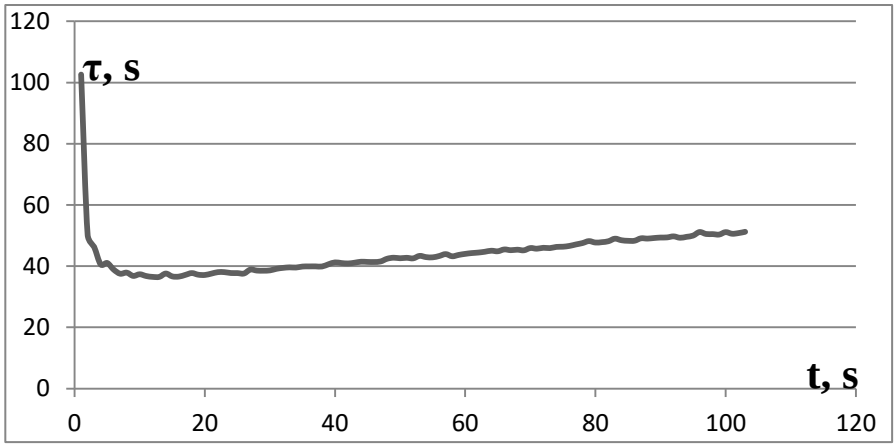


Fig. 11. Dependence $\tau(t)$ *for the supercapacitor at* $U_1 = 1.5V$

Thus at $U_1 = 1.5V$, the dependence $\tau(t)$ is described by expression (28):

$$\tau(t) = 32 + 0.2t. \quad (28)$$

Therefore, the charge current curve is described by expression (29):

$$i(t) = I_0 e^{-\frac{t}{\tau(t)}} = 0.4e^{-\frac{t}{32+0.2t}}. \quad (29)$$

On the other hand, the charge current curve is well described by expression (30):

$$i(t) = I_0 e^{-\frac{t^{0.7}}{K}}. \quad (30)$$

The ratio of expressions (29) and (30) shows that $\tau(t) = 32 + 0.2t$ the factor should have $t^{0.7}$. Then expressions (29) and (30) will be equivalent.

If we assume that $R(t) \approx R_{aver}$, then compared to the change in $R_C(t)$, the total resistance $R(t) = R_{sh} + R_C(t)$ changes to a lesser extent, then to obtain $C(t)$ we will use R_{aver} .

Then expression (28) can be written in the form of equation (31):

$$\tau(t) = 32 + 0.2t = R_{aver} \cdot C_N^{\alpha} \cdot t^{0.3}. \quad (31)$$

The expression for the supercapacitor current is described by equation (32):

$$i(t) = I_0 e^{-\frac{t}{R_{aver} \cdot C_N^{\alpha} \cdot t^{0.3}}} = I_0 e^{-\frac{t^{0.7}}{R_{aver} \cdot C_N^{\alpha}}}. \quad (32)$$

The order α is determined from the expression of the charge current of the supercapacitor, which is described by equation (33):

$$i(t) = I_0 e^{-\frac{t^{0.7}}{11.76}}. \quad (33)$$

It follows that $R_{aver} \cdot C_N^{\alpha} = 11.76$. From here you can determine the nominal value of the capacity of the supercapacitor in the power of α:

$$C_N^{\alpha} = \frac{11.76}{R_{aver}} = \frac{11.76}{4.3} = 2.74. \quad (34)$$

Given that $C_N = 10F$, we will obtain the value of the power factor α:

$$\alpha = \frac{\ln 2.74}{\ln 10} = 0.43. \quad (35)$$

From here, you can write down the expression for the change in supercapacitor capacity over time in accordance with equation (36):

$$C(t) = 10^{0.43} \cdot t^{0.3}. \quad (36)$$

So, we come to the fractional supercapacitor, expression (36) corresponds to the experimental values of the dependence of the capacity on time, which are given in Table 6.

Conclusion

1. A method of determining the dependences $R(t)$ and $C(t)$ in the transient processes of charge and discharge of a supercapacitor is proposed.

2. The analysis confirmed that the active resistance $R(t)$ and capacitance $C(t)$ of the supercapacitor are functions of time.

3. Recommendations for the average value $R(t)$ in the transient charge process of the studied supercapacitor with a nominal capacity of 10 F have been formulated.

4. An approximate formula $C(t)$ for determining the dependence in the transient process is given, which correlates with the justification of the fractional order of supercapacitor capacity, which is presented in works [1-10].

Bibliography

1. Yang, H. (2020). A comparative study of supercapacitor capacitance characterization methods. Journal of Energy Storage, 29.
2. Pourkheirollah H., Keskinen J., Mantysalo M., Lupo D. (2023). Simplified exponential equivalent circuit models for prediction of printed supercapacitor's discharge behavior-Simulations and experiments. Journal of Power Sources, 567.
3. Ghanbari T., Moshksar E., Hamedi S., Rezaei F., Hosseini Z. (2021). Self-discharge modeling of supercapacitors using an optimal time-domain based approach, Journal of Power Sources, 495.
4. Ortigueira, M., Martynyuk, V., Kosenkov, V., Batista, A. (2023). A New Look at the Capacitor Theory. Fractal and Fractional, 7.
5. Savenko O., Martynyuk V., Fedula M., Koretska L., Makaryshkin D. (2021). Automated Control Method for Charging Supercapacitors based on Relaxation Characteristics. 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2021). – Cracow, Poland.
6. Martynyuk V., Kałaczyński T., Petrus R., Ilchuk H. (2021). Hybrid mobile power supply system of Multimedia Hybrid Mobile Stages. MATEC Web of Conf.
7. Ortigueira, M.D., Martynyuk, V., Fedula, M., Machado, J.T. (2019). The failure of certain fractional calculus operators in two physical models. Fractional Calculus and Applied Analysis. – Vol. 32, Iss. 2.
8. Martynyuk V., Eromenko O., Boiko J., Kałaczyński T. (2018). Diagnostics of supercapacitors. MATEC Web of Conf.
9. Martynyuk V., Ortigueira M., Fedula M., Savenko O. (2018). Fractional model of the electrochemical capacitor relaxation phenomenon. Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences. – V. 66, , No. 4.
10. Martynyuk V., Fedula M., Ortigueira M., Savenko O. (20180). Methodology of Electrochemical Capacitor Quality Control with Fractional Order Model //AEU - International Journal of Electronics and Communications. – V. 91.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ РОБОТА

Мартинюк В., Медведчук Н., Бортнік В.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. У статті проаналізована математична модель двигуна постійного струму робота з якорем і прямим приводом навантаження. Розроблена імітаційна модель двигуна постійного струму робота в середовищі MATLAB/SIMULINK. В результаті імітаційного моделювання двигуна постійного струму робота в середовищі MATLAB/SIMULINK отримали графік залежності крутного моменту від швидкості обертання двигуна робота. Аналіз графік залежності крутного моменту від швидкості обертання двигуна показує, що крутний момент двигуна постійного струму робота лінійно зменшується при збільшенні частоти обертання двигуна. Також в результаті імітаційного моделювання двигуна постійного струму робота в середовищі MATLAB/SIMULINK отримали графік залежності потужності від швидкості обертання двигуна робота.
Ключові слова: математична модель двигуна постійного струму робота з якорем і прямим приводом навантаження, імітаційна модель двигуна постійного струму робота.

Постановка проблеми

Вибір приводного двигуна для використання в робототехніці є важливим для отримання заданих характеристик робота та ефективної системи керування. Двигуни постійного струму характеризуються високим крутним моментом та дозволяють здійснювати ефективне керування частотою обертання та крутним моментом в широких межах. Звідси можна зробити висновок, що використання двигунів постійного струму для керування роботами є ефективним, а розробка математичної моделі системи керування двигуном робота є актуальною задачею.

Для керування електричним двигуном робота оберемо двигун постійного струму з якірним керуванням, який поводиться як машина першого порядку, коли напруга на якорі є вхідним сигналом, а кутова швидкість – вихідним сигналом. Для того, щоб експериментально перевірити зміну реакції системи керування електричним двигуном робота, необхідно визначити передавальну функцію двигуна постійного струму.

Аналіз останніх джерел

Дуже важливо, щоб двигун постійного струму з якірним керуванням був оснащений датчиками, які надають дані для замкнутого контуру управління швидкістю і для отримання відносних вимірювань на основі розрахунку одометрії [1].

Одометрія (лат. вимірювання відстані) - є основним методом, який використовують роботи для навігації. Вимірювати час легко за допомогою внутрішнього годинника вбудованого комп’ютера. Вимірювати швидкість складніше: в деяких навчальних роботах кодери коліс використовуються для підрахунку обертів коліс, а в інших швидкість оцінюється за властивостями двигунів [2].

Розглянемо математичну модель системи позиціонування двигуна постійного струму робота. Цей привід системи керування є двигуном постійного струму робота з постійним магнітом, керованим якорем. На рис. 1 показана динамічна модель двигуна робота, керованого якорем. Ця модель передбачає, що двигун робота приводить в рух механічне навантаження безпосередньо від свого вала.

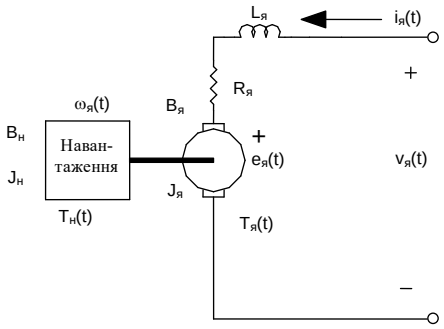


Рис. 1. Математична модель двигуна постійного струму робота з якорем і прямим приводом навантаження

Математична модель двигуна постійного струму робота з якірним керуванням описується рівнянням [3]:

$$\begin{cases} \dfrac{di_я(t)}{dt} = -\dfrac{R_я}{L_я}\cdot i_я(t) - \dfrac{K_e}{L_я}\cdot \omega_я(t) + \dfrac{u_я(t)}{L_я} \\ \dfrac{d\omega_я(t)}{dt} = \dfrac{K_м}{J_я + J_н}\cdot i_я(t) - \dfrac{B_я + B_н}{J_я + J_н}\cdot \omega_я(t) - \dfrac{T_н(t)}{J_я + J_н} \end{cases}, \quad (1)$$

де $u_я(t)$ - напруга якоря;
$i_я(t)$ - струм якоря;
$\omega_я(t)$ - кутова частота обертання якоря двигуна постійного струму робота;
$R_я$ - еквівалентний опір якоря;
$L_я$ - еквівалентна індуктивність якоря;
$K_е$ - електрична константа двигуна постійного струму робота;
$K_м$ - константа крутного моменту двигуна постійного струму робота;
$J_я$ - момент інерції якоря;
$J_н$ - момент інерції навантаження;
$B_я$ - в'язке тертя якоря двигуна;
$B_н$ - в'язке тертя навантаження;
$T_н(t)$ - момент механічного навантаження.

У цих рівняннях струм якоря та кутова частота обертання двигуна постійного струму робота повністю визначають реакцію двигуна на навантаження. Напруга якоря та крутний момент навантаження двигуна постійного струму робота є вхідними параметрами системи.

Розв'язок цієї системи диференціальних рівнянь, які в теорії систем керування називають рівняннями стану, дозволяє отримати графіки струму якоря та кутової частоти обертання двигуна постійного струму робота в залежності від часу.

Перше рівняння системи описує електричну динаміку двигуна постійного струму робота та включає індуктивну постійну часу, яка обмежує швидкість, з якою струм може змінюватися в якорі двигуна постійного струму робота. Simulink використовує рівняння в цій формі, модифіковані для чисельного інтегрування в комп'ютері, для створення графіків відгуків.

Друге рівняння системи описує механічну динаміку. Це рівняння містить механічну постійну часу, представлену відношенням загального в'язкого демпфування $B_я+B_н$ до повної обертової інерції $J_я+J_н$. Це співвідношення визначає, наскільки швидко може змінюватися швидкість двигуна/навантаження.

Систему рівнянь (1) можна перетворити, використовуючи вирази (2) і (3), в результаті отримаємо систему рівнянь (4).

$$T_я(t) = K_м \cdot i_я(t), \quad (2)$$

$$e_я(t) = K_e \cdot \omega_я(t), \quad (3)$$

$$\begin{cases} u_я(t) - e_я(t) = L_я \dfrac{di_m(t)}{dt} + i_я(t) \cdot R_я \\ T_я(t) = \left(J_я + J_н\right) \dfrac{d\omega_я(t)}{dt} + \left(B_я + B_н\right) \cdot \omega_я(t) + T_н(t) \end{cases}. \quad (4)$$

де $e_я(t)$ - зворотна ЕРС якоря двигуна постійного струму робота.

Виконаємо перетворення Лапласа рівнянь (2 - 4) отримаємо рівняння (5 - 8).

$$T_я(s) = K_м \cdot I_я(s), \quad (5)$$

$$E_я(s) = K_e \cdot \omega_я(s), \quad (6)$$

$$\begin{cases} I_я(s) = \dfrac{1}{L_я s + R_я} \cdot \left(U_я(s) - E_я(s)\right) \\ \Omega_я(s) = \dfrac{1}{J_{екв} s + B_{екв}} \cdot \left(T_я(s) - T_н(s)\right) \end{cases}, \quad (7)$$

$$\begin{cases} J_{екв} = J_я + J_н \\ B_{екв} = B_я + B_н \end{cases}, \quad (8)$$

де $J_{\text{екв}}$ - еквівалентний момент інерції якоря та навантаження;

$B_{\text{екв}}$ - еквівалентний в'язке тертя якоря та навантаження.

Виклад основного матеріалу

Блок-схема двигуна постійного струму робота, керованого якорем, із прямим зв'язаним навантаженням зображена на рис. 2.

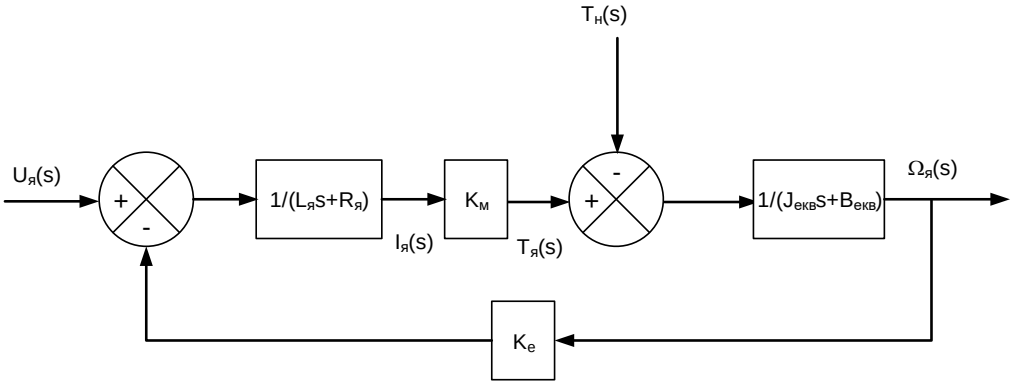


Рис. 2. Блок-схема двигуна постійного струму робота, керованого якорем, із прямим зв'язаним навантаженням

На рис. 2 показано, що різниця між напругою якоря $U_я(s)$ та зворотною ЕРС $E_я(s)$ створює різницю напруг, яка визначає струм якоря. Значення $L_я(s)$ і $R_я(s)$ визначають величину і швидкість зміни цього струму.

Константа крутного моменту $K_м$ перетворює струм якоря в крутний момент якоря двигуна $T_я(s)$. Різниця між крутним моментом якоря двигуна $T_я(s)$ та крутним моментом навантаження $T_н(s)$ створює крутний момент, який визначає кутову частоту обертання якоря двигуна постійного струму робота. Значення $J_{\text{екв}}$ і $B_{\text{екв}}$ визначають величину і швидкість зміни кутової частоти обертання якоря двигуна постійного струму робота.

Дослідження імітаційної моделі двигуна постійного струму робота виконано в середовищі MATLAB/SIMULINK із використанням бібліотеки Simscape. Імітаційна модель двигуна постійного струму робота в середовищі MATLAB/SIMULINK зображена на рис. 3.

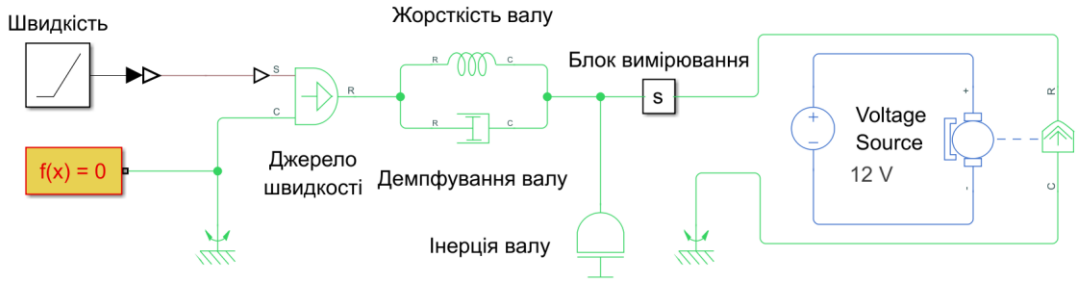


Рис. 3. Імітаційна модель двигуна постійного струму робота в середовищі MATLAB/SIMULINK

В результаті імітаційного моделювання двигуна постійного струму EMG30 в середовищі MATLAB/SIMULINK отримали графік залежності крутного моменту від швидкості обертання двигуна, який зображено на рис. 4. Аналіз графік залежності крутного моменту від швидкості обертання двигуна показує, що крутний момент двигуна постійного струму робота лінійно зменшується при збільшенні частоти обертання двигуна.

Також в результаті імітаційного моделювання двигуна постійного струму EMG30 в середовищі MATLAB/SIMULINK отримали графік залежності потужності від швидкості обертання двигуна, який зображено на рис. 5. Аналіз графік залежності потужності від швидкості обертання двигуна показує, що крутний момент двигуна постійного струму робота нелінійно зростає при збільшенні частоти обертання двигуна.

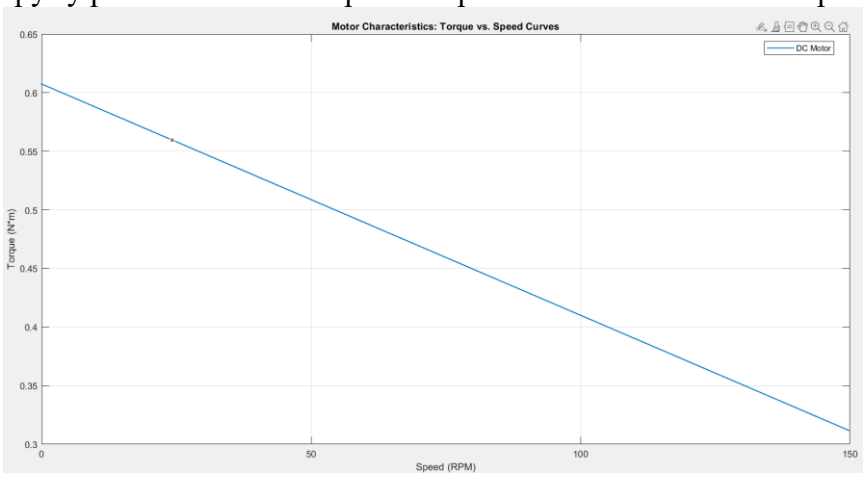


Рис. 4. Графік залежності крутного моменту від швидкості обертання двигуна робота

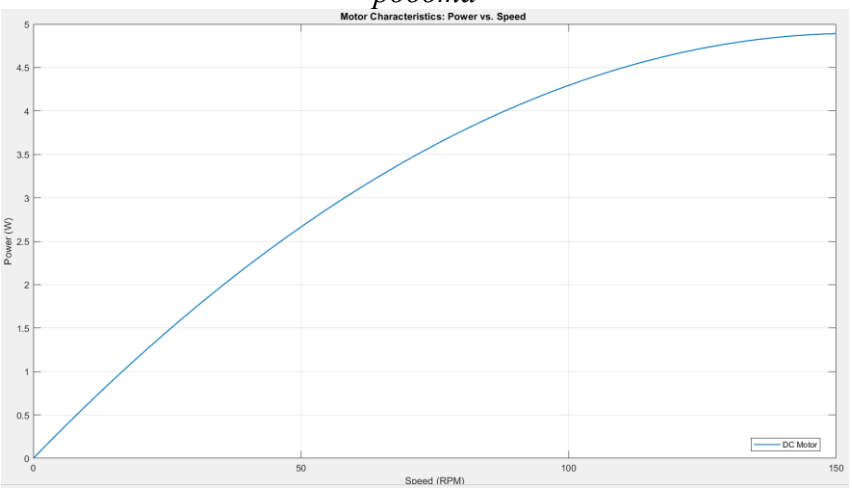


Рис. 5. Графік залежності потужності від швидкості обертання двигуна робота

Висновки

Проаналізована математична модель двигуна постійного струму робота з якорем і прямим приводом навантаження. Розроблена імітаційна модель двигуна постійного струму робота в середовищі MATLAB/SIMULINK. В результаті імітаційного моделювання двигуна постійного струму робота в середовищі MATLAB/SIMULINK отримали графік залежності крутного моменту від швидкості обертання двигуна робота. Аналіз графік залежності крутного моменту від швидкості обертання двигуна показує, що крутний момент двигуна постійного струму робота лінійно зменшується при збільшенні частоти обертання двигуна. Також в результаті імітаційного моделювання двигуна постійного струму робота в середовищі MATLAB/SIMULINK отримали графік залежності потужності від швидкості обертання двигуна робота.

Література:

1. Dionısio C.D. Ground Mobile Vehicle Velocity Control using Encoders and Optical Flow Sensor Fusion // C.D. Dionısio, Técnico Lisboa, 2016.
2. Рудик А. В. Аналіз одометричних методів визначення параметрів руху мобільних роботів / А. В. Рудик, В. А. Рудик, М. І. Матей // Вісник Інженерної академії України. – 2019. – №2. – С. 107-115.
3. Чорний О.П. Моделювння електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовой О.В.– Кременчук, 2001. – 410 с.
4. Pratyusha B. Dynamic Model Analysis of a DC Motor in MATLAB / Pratyusha B., Oindrila S., Sajan S., Shaon P.International // Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 8, Issue 3, March-2017. P. 57.

УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЕМ ІЗ СОНЯЧНИМИ ПАНЕЛЯМИ

Мартинюк В, Медведчук Н, Шмунь В.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. У статті розроблена імітаційна модель фотоелектричної системи для електромобіля Рено Кенгу ZE Була розроблена 3D-візуалізація електромобіля Рено Кенгу ZE біля входу в четвертий корпус Хмельницького національного університету в програмному середовищі PV*SOL premium. Виконано аналіз прогнозованого по місячного вироблення електроенергії протягом року для електромобіля Рено Кенгу ZE із сонячними панелями показує, що максимальна кількість енергії буде вироблена у червні близько 180 кВт·год. Недоліком програмного середовища PV*SOL premium є неможливість створення імітаційної модель методу керування системою живлення електромобілем із сонячними панелями. Розроблено імітаційну модель удосконаленого методу керування системою живлення електромобілем із сонячними панелями створимо у програмному середовищі MATLAB/SIMULINK.
Ключові слова: імітаційна модель фотоелектричної системи для електромобіля, сонячні панелі, удосконалений метод керування системою живлення електромобілем.

Постановка проблеми

Автомобілі на сонячних батареях можуть бути цікавим вирішенням питання чистої мобільності завдяки своєю здатністю виробляти стійку та чисту енергію, незалежно від палива. Ці автомобілі вміють генерувати власну енергію за допомогою фотоелектричних панелей на даху автомобіля, але також здатні заряджатися від електромережі.

Незважаючи на те, що сонячний автомобіль є цікавою концепцією, було зроблено мало роботи по підвищенню ефективності практичних сонячних автомобілів, які призначені для повсякденного використання. Тому, підвищення ефективності сонячних автомобілів у порівнянні до звичайних акумуляторних електромобілів з точки зору зменшення тривалості підзарядки та запасу ходу, є дійсно актуальною задачею.

Аналіз останніх джерел

В літературі бракує методів і моделей, які стосуються теми повсякденного використання автомобілів на сонячних батареях. Було знайдено лише одну статтю, в якій був представлений простий аналіз однієї конкретної конфігурації транспортного засобу на сонячних батареях [1]. Автори цієї статті також прямо зазначають, що не були враховано наслідки затінення сонячних панелей. Дуже поширеною темою, яка стосується сонячних автомобілів у літературі, є гоночна стратегія або енергетика керування сонячними автомобілями під час змагань [2].

Іншою темою досліджень є конструкція сонячна панелей, конструкція автомобіля та його аеродинаміка [3]. Дослідження запасу ходу електромобілів (не на сонячних батареях) можна знайти в [4]. Дослідження процесу заряду та кількості днів між підзарядками наведено в роботах, яка обговорюють навантаження на електричну мережу процесу зарядки електромобілів [5].

Виклад основного матеріалу

У відповідності до угоди про науково-технічну співпрацю між Хмельницьким національним університетом та ТОВ «Оболонь Оіл» на кафедру автоматизації, комп’ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки звернувся директор ТОВ «Оболонь Оіл» Малецький К.М. із пропозицією створити імітаційну модель фотоелектричної системи для його власного електромобіля Рено Кенгу ZE із встановленими на даху сонячними панелями, який зображений на рис. 1.



Рис. 1. Електромобіль Рено Кенгу ZE із встановленими на даху сонячними панелями

Для створення імітаційної моделі фотоелектричної системи для електромобіля Рено Кенгу ZE визначимо геометричні розміри електромобіля Рено Кенгу ZE у відповідності до рис. 2.



Рис. 2. Геометричні розміри електромобіля Рено Кенгу ZE

Електромобіль Рено Кенгу ZE оснащений синхронним електродвигуном змінного струму потужністю 60 к.с. (44 кВт) з крутним моментом 226 Нм, що розганяє екокар від 0 до 100 км за 20,3 секунди, у поєднанні з коробкою передач та інвертором заднього ходу, а також літій-іонною батареєю ємністю 22 кВт•год, що забезпечує запас ходу до 170 км у змішаному циклі.

Зарядити Рено Кенгу ZE від звичайної побутової мережі 220 В можна за 6-9 годин. Зазначимо, що електромобіль має прогресивну систему рекуперації енергії, що виділяється під час гальмування двигуном, що дозволяє збільшити запас ходу до 10%.

На рис. 3 зображена 3D-візуалізація електромобіля Рено Кенгу ZE біля входу в четвертий корпус Хмельницького національного університету в середовищі PV*SOL premium компанії Valentin Software.

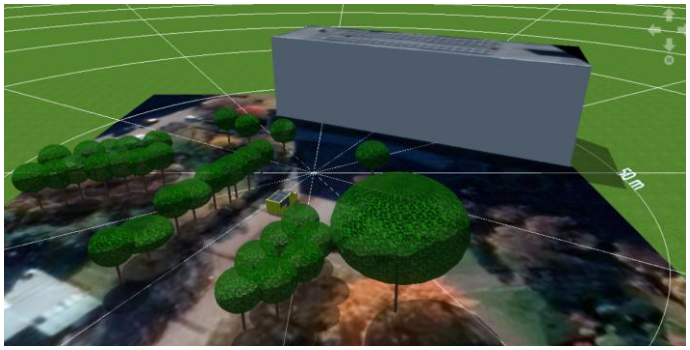


*Рис. 3. 3D-візуалізація електромобіля Рено Кенгу ZE біля входу в четвертий корпус Хмельницького національного університету в середовищі PV*SOL premium компанії Valentin Software.*

Загальна кількість сонячних панелей Risen Energy SYP290M 290Вт, які розміщені на електромобілі Рено Кенгу ZE, дорівнює восьми. Усі вісім сонячних панелей з'єднані послідовно, загальна потужність Рз=2320 Вт. На рис. 4 зображено схему з'єднання 4 сонячних панелей, які розміщені на даху та капоті.

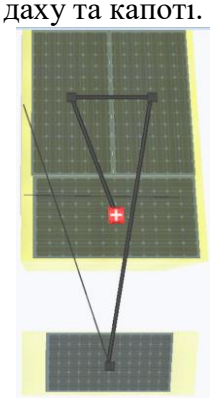


*Рис. 4. Схема з'єднання 4 сонячних панелей Risen Energy SYP290M 290Вт, які розміщені на даху та капоті, в середовищі PV*SOL premium компанії Valentin Software.*

Прогнозоване по місячне вироблення електроенергії протягом року зображено на рис. 5.

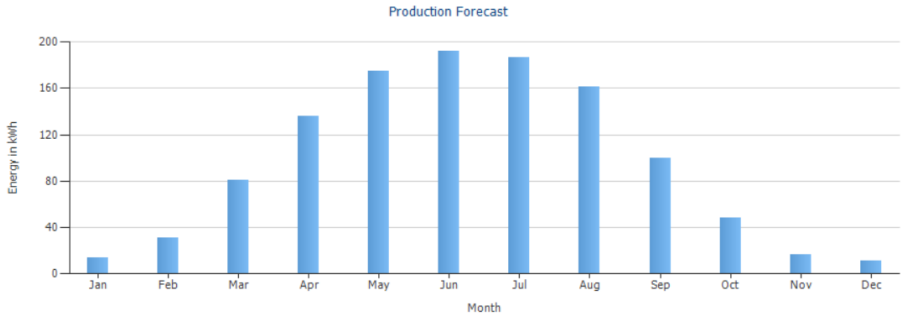


Рис. 5. Прогнозоване по місячне вироблення електроенергії протягом року для електромобіля Рено Кенгу ZE із сонячними панелями

Аналіз прогнозованого по місячного вироблення електроенергії протягом року для електромобіля Рено Кенгу ZE із сонячними панелями показує, що максимальна кількість енергії буде вироблена у червні близько 180 кВт·год.

Недоліком програмного середовища PV*SOL premium є неможливість створення імітаційної модель методу керування системою живлення електромобілем із сонячними панелями. Імітаційну модель методу керування системою живлення електромобілем із сонячними панелями розроблено у програмному середовищі MATLAB (рис. 6).

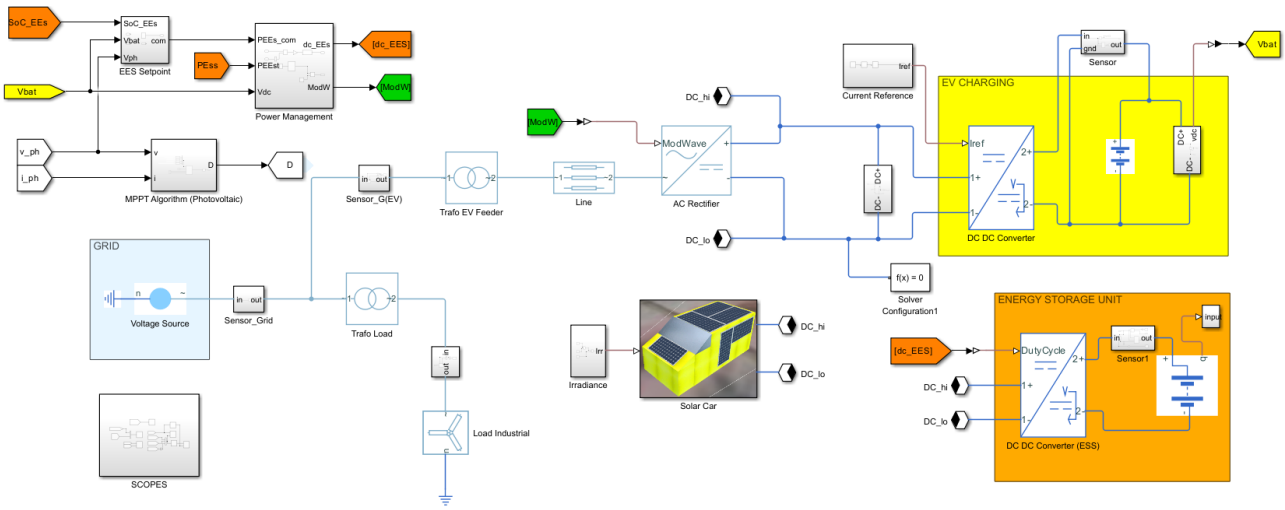


Рис. 5. Імітаційна модель методу керування системою живлення електромобілем Рено Кенгу ZE із сонячними панелями у програмному середовищі MATLAB/SIMULINK

Удосконалений метод керування системою живлення електромобілем із сонячними панелями реалізовано за допомогою блоку «Power Management» - блок керування потужністю. Основою блоку керування потужністю є дискретний ПІД контролер, який знаходиться в бібліотеці Simulink/Discrete.

Блок дискретного ПІД-регулятора реалізує ПІД-регулятор (ПІД-регулятор, ПІ-регулятор, ПД-регулятор, тільки П або тільки І). Блок ідентичний блоку PID Controller з параметром Time domain, встановленим на Discrete-time.

Вихід блоку є зваженою сумою вхідного сигналу, інтеграла вхідного сигналу та похідної вхідного сигналу. Ваговими коефіцієнтами є пропорційні, інтегральні та похідні параметри посилення.

В результаті імітаційного моделювання отримано графіки залежностей потужності сонячних панелей та акумуляторної батареї електромобіля із сонячними панелями у часі, які зображені на рис. 6.

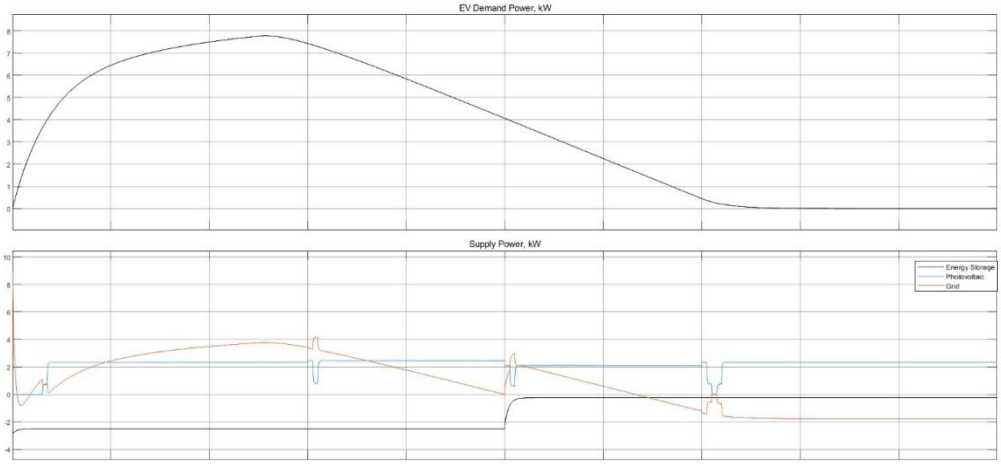


Рис. 6. Графік залежності потужності сонячних панелей та акумуляторної батареї електромобіля Рено Кенгу ZE із сонячними панелями у програмному середовищі MATLAB/SIMULINK

Висновки

В процесі створення імітаційної моделі фотоелектричної системи для електромобіля Рено Кенгу ZE було вибрано розміщення електромобіля Рено Кенгу ZE

біля входу в четвертий корпус Хмельницького національного університету. Була розроблена 3D-візуалізація електромобіля Рено Кенгу ZE біля входу в четвертий корпус Хмельницького національного університету в програмному середовищі PV*SOL premium.

Виконано аналіз прогнозованого по місячного вироблення електроенергії протягом року для електромобіля Рено Кенгу ZE із сонячними панелями показує, що максимальна кількість енергії буде вироблена у червні близько 180 кВт·год. Недоліком програмного середовища PV*SOL premium є неможливість створення імітаційної модель методу керування системою живлення електромобілем із сонячними панелями. Розроблено імітаційну модель удосконаленого методу керування системою живлення електромобілем із сонячними панелями створимо у програмному середовищі MATLAB/SIMULINK.

Література:

1. Simpson A. G., Walker G. R.,. Greaves M. C, Finn D. A. and Guymer B. D. The UltraCommuter: a viable and desirable solar-powered commuter vehicle. Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC) 2002 Conference Proceedings, vol. 1, 2002.
2. Atmaca B. Energy management of solar car in circuit race. Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, vol. 23, pp. 1142–1158, 2015.
3. Ozawa H. Development of aerodynamics for a solar race car. JSAE Review, vol. 19, no. 4, pp. 343–349, 1998.
4. Arsie I. Rizzo G. Sorrentino M. A Model for the Optimal Design of a Hybrid Solar Vehicle", Review of Automotive Engineering, Society of Automotive Engineers of Japan (JSAE), 2008.
5. Gaikwad R. L. Design of Go-Kart Vehicle Systems, International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science Vol. No. 4, Issue No. 03, March 2016.

PHYSICAL SIMULATION OF THE PROCESS OF MECHANICAL MIXING OF LIQUID CHEESE MASSES

Martynyuk A., Tsymbalyuk Yu., Lukianiuk M.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The wide use of curds as a component in various productions of the dairy industry is due to the relatively simple technology of their production. The main apparatus in production is a reactor - an apparatus with a stirrer, in which the process of mixing in a liquid medium is implemented. It is the reactor that bears the main load with the consumption of electricity, which is spent during mixing. It was established that the total useful power consumed by the reactor during mixing during the production of cheese masses depends on the total number of operations, the time of individual operations and the useful power consumed in each operation. Therefore, the work presents the general concept of modeling the process of mechanical mixing of liquid media in the dairy industry when curd masses are obtained.
Keywords: Cheese masses, reactor, stirrer, useful power, mixing, physical modeling

Introduction

Cheese masses are obtained in a reactor by the mixing method. Cheese masses consist of grated fat or semi-fat fresh cheese, sugar or refined powder, softened butter, liquid fractions, addition of raisins, etc. According to this method, the processes take place in several stages, and the direction and properties of the resulting products depend on the ratio of the starting substances, the temperature, and the duration of the process itself. It is believed that the mechanism of production of cheese masses is very complex and insufficiently studied [1].

The main device in the production of cheese masses is a reactor - an apparatus with a stirrer, in which the process of mixing in a liquid medium is implemented. It is the reactor that bears the main load with the consumption of electricity, which is spent during mixing. In the production process, the reactor in various operations performs mixing of liquid media, which change in composition and temperature, and accordingly, the density and viscosity change over time, which affects the power consumed by the mixing device [2]. Therefore, reducing the power consumed by the reactor is an urgent task.

Description of the production of cheese mass production

Production of curds includes the following main stages: loading of components according to recipe proportions, heating to pasteurization temperature, pasteurization, cooling to fermentation temperature, fermentation, cooling.

After completion, the curd mass is cooled to a temperature of (25–40) ^{o}C by supplying ice water to the jacket of the reactor. The curd mass is discharged from the reactor into the drainage bath [3].

Statement of the research problem.

From the description of the production of curds, it turns out that in all production operations in the reactor, energy is spent on mixing the liquid medium, namely, the total useful power N_{gen} which consists of the sum of the capacities of individual operations during mixing:

$$N_{gen} = \sum_{i=1}^{n} \tau_i N_i, \tag{1}$$

as well τ_i – the time of a separate operation;

N_i – useful power consumed by mixing in a single operation;

n – total number of operations, i – number of a separate transaction (i=1, 2, 3, … , n).

Useful power of a single operation N_i is defined by the equation:

$$N_i = K_{N_i} \rho_c n_i^3 D_M^5, \quad (2)$$

as well K_{N_i} – criterion of power consumed during a technological operation;

ρ_c – the density of the medium during this technological operation;

n_i – the frequency of rotation of the stirrer; $D_м$ – the diameter of the stirrer.

Magnitude N_i necessary to obtain results for decision-making in reactor design. For this purpose, it is proposed to carry out full-scale modeling of the mixing process in laboratory conditions using the features of a real reactor with the subsequent transfer of technological properties of mixing processes from the model to a real object based on the theory of similarity.

To determine the density of a liquid medium ρ_c it is sufficient to use a model environment with a fixed temperature, namely a water suspension, the density of which can be calculated using the equation:

$$\frac{1}{\rho_c} = \frac{x}{\rho_{tv}} + \frac{1-x}{\rho_p}, \quad (3)$$

as well ρ_{tv} – density of solid chalk particles;

ρ_p – water density;

x – mass fraction of chalk in suspension.

Regarding the type and diameter of the stirrer, the same type of stirrer was chosen, and the diameter of the laboratory stirrer $d_м$ reduced in size k from the diameter of the industrial one $D_м$, equal:

$$k = D_M / d_M. \quad (4)$$

At the same time, it is necessary to ensure that the following are constant: the ratio of the diameter of the apparatus to the diameter of the mixer, the ratio of the width of the mixer blade to the diameter of the apparatus, as well as the number of blades, the angle of inclination of the blade to the horizon, and the number and width of installed partitions.

Rotational frequency n_i stirrer remains unchanged.

Power criterion K_{Ni}, that is spent on this operation, for further use of the obtained experimental data on mixing, it is recommended to calculate according to the formula [4]:

$$K_{N_i} = C \operatorname{Re}_{M_i}^m, \quad (5)$$

where are constant coefficients C i m.

The logarithm of this dependence gives a linear dependence convenient for use in calculation practice [4]:

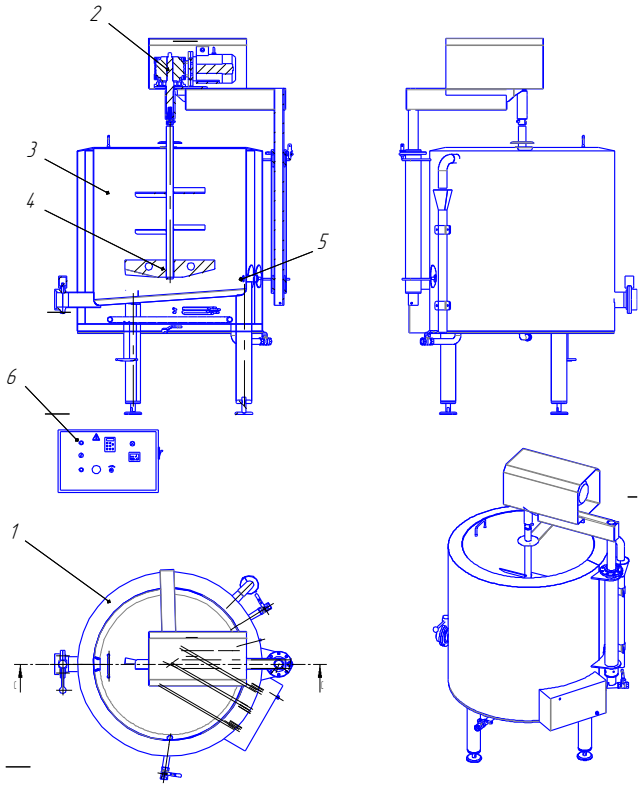
$$\lg K_{N_i} = \lg C + m \lg \operatorname{Re}_{M_i}^m, \quad (6)$$

as well $\operatorname{Re}_{M_i}^m$ – the value of the modified Reynolds criterion for this operation is known from practice.

In order to verify this assumption and its subsequent application in physical modeling of mixing processes in practice when obtaining curd masses, detailed studies of the mixing process were carried out on a laboratory experimental setup.

Description of laboratory experimental setup and experimental methodology. Experimental installation (Fig. 1), which includes a mixer, which consisted of a tank 1, where a motor-reducer 2 is vertically placed, and a container 3, in which a mechanical frame mixer 4 is installed. The axis of the electric motor 2 is coaxial with the axis of the mechanical mixer 4.

Using frequency converter, to which the electricity of the electric motor is connected, it is possible to smoothly change the number of revolutions of the stirrer 4. The measurement of the number of revolutions was carried out by an electronic sensor 6. The determination of the power consumed for mechanical mixing was calculated according to the readings of the voltmeter and ammeter. The temperature of the liquid was recorded with a thermometer 5.



a



b

Fig. 1 - Diagram of the laboratory experimental installation (a - installation diagram, b - general view): 1 - tank; 2 – gear motor; 3 – capacity; 4 – mechanical stirrer; 5 – temperature sensor; 6 – control panel

At the first stage of work, it was necessary to prepare an aqueous suspension of the required concentration and pour it into a container. An aqueous suspension of chalk was chosen as a model environment for studying mechanical mixing. We used chalk with at least 98% $CaCO_3$, pre-ground with a pestle in a mortar to an average particle size of 1.5-2.5 microns. $CaCO_3$ has low solubility, does not form crystal hydrates and does not chemically interact with water. The chalk had a specific particle surface of 2000 m^2/kg and density ρ_t=2200 kg/м^3. The aqueous suspension was prepared at a water temperature of 20°C with the addition of chalk in the amount of 20% by weight (x = 0.2). As a result, the total volume of the water suspension was brought to a volume of 3 liters, which was then poured for mixing into a container with a diameter of D=160 mm, which as a result established a level of H=150 mm in it.

The estimated density of the aqueous chalk suspension was ρ_p=1120,43 kg/м^3.

Dynamic coefficient of viscosity μ_c of an aqueous suspension, which depends on the concentration of solid particles, was calculated by the expression:

$$\mu_c = \mu_p(1+2,5\varphi), \tag{7}$$

as well φ – the volume fraction of solid particles in the suspension obtained from the expression:

$$\varphi = x / x + \frac{\rho_t}{\rho_p}(1-x) = 0,1020. \tag{8}$$

Dynamic coefficient of viscosity μ_c of the aqueous suspension was finally formed μ_c=1,255·10-6 Pa·s. A frame-type stirrer with a diameter of $d_м$=400мм. According to the design, the frame mixer had two mutually perpendicular blades horizontally, installed in three rows in height, with the width of each blade 60 mm (Fig.1).

The method of setting up the experiment was as follows. Before starting the experiment, the handle of the autotransformer was set to zero. Next, the experimental stand was connected to the network. By smoothly turning the handle of the autotransformer, the voltage according to the voltmeter was set to 50V. After reaching a stable mode of operation of the stirrer, the indicators of the voltmeter (U, V), ammeter (I, A) and electronic tachometer (n, rpm) were recorded. Similar actions were repeated in the voltage range of 60V, 70V, 80V, 90V. The experiment was repeated three times and the readings of the devices were entered. After completing the experiment, the handle of the autotransformer was smoothly turned to zero. They turned off the experimental stand from the network. The temperature of the water suspension t measured before and after the experiment with the stirrer turned off.

It should be noted that when the number of revolutions is greater than 130 rpm, a funnel was formed in the container for mixing, which indicates the probability of a decrease in the intensity and efficiency of mixing.

Knowing the diameter of the stirrer $d_м$, the modified Reynolds criterion was calculated. Further, according to experimental data U and I the power of the stirrer consumed for mechanical mixing was determined:

$$N = UI\cos\alpha\eta_{dv}, \tag{9}$$

as well U – high-voltage, B;

I – amperage, A;

cosα – power factor;

η_{dv} – efficiency of the electric motor.

It was accepted in the calculations $\eta_{dv} = 0{,}8$ [2] and cosα = 0,85 [3]. Experimental power criterion K_{N_i} was calculated according to the equation:

$$K_{N_i} = N / \rho n^3 d_M^5. \quad (10)$$

Results and their discussion.

The main parameter to consider when mixing is the power consumed by the device, which depends on many factors. Therefore, the purpose of these experimental studies was to study the mixing process, namely, to identify the influence of geometric and technological parameters on the power consumed by the mixer, as well as to establish the mathematical dependence of the power criterion on the modified Reynolds number.

After receiving the research results, a graphical dependence was obtained using the Microsoft Excel program $lgRe_м$ – lgK_N in the form of a straight line for which the coefficient of correlation strength R^2=0,9918. The resulting dependency has the form:

$$K_{N_i} = 4{,}7311 \cdot 10^{16} \cdot \mathrm{Re}_M^{-1{,}82113}.$$

Graphic dependence of the logarithm of the mixer power criterion lgK_N from the logarithm of the modified Reynolds criterion $lgRe_м$ shown in Fig. 2.

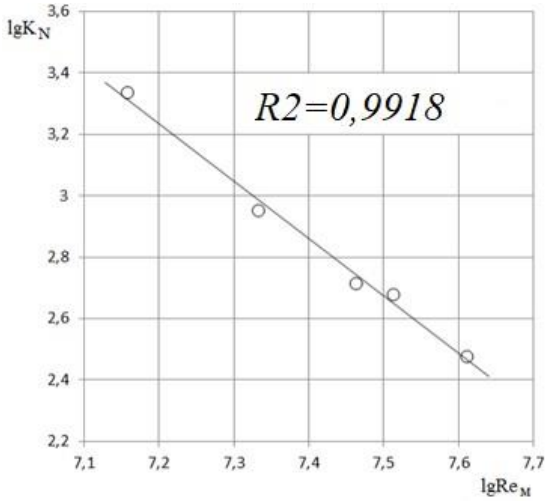


Fig. 2 - Graph of dependence of the logarithm of the mixer power criterion lgK_N from the logarithm of the modified Reynolds criterion $lgRe_м$

Conclusions

1. The total useful power consumed by the reactor during the mixing of cheese masses depends on the total number of operations, the time of individual operations and the useful power consumed in each operation.

2. The general concept of modeling the process of mechanical mixing of liquid media in a reactor for obtaining cheese masses is presented.

3. The method of processing experimental data of the process of mechanical mixing was developed using the example of a laboratory experimental setup.

4. The obtained empirical formula for calculating the mixing power criterion depending on the modified Reynolds criterion, which allows predicting the power spent on mixing within the range of the conducted experiment.

Literature

1. Mashkin M.I., Parish N.M. Technology of milk and dairy products. - K.: Higher education, 2006. - 351 p.
2. Mashkin M.I. Primary treatment and processing of milk. - K.: Urozhai, 1994. – 237 p.
3. Cherevko O.I., Safonova O.M., Bogomolov O.V. Processing of raw materials of animal origin: Training. manual / Hark. state Acad. technology and org. food. - Kh., 2002. – 206 p.
4. Lunyaka K., Vus D., Chumakov G. Study of mass transfer during mixing with a turbine stirrer in vessels with baffles // Bulletin of the Ternopil State Technical University. - 2008. - Vol. 13. - No. 1. - P. 171-176.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ АЗОТУВАННЯ В ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Машовець Н.С., Стечишин М.С.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. У статті висвітлені результати впливу безводневого низькотемпературного азотування в тліючому розряді на зносостійкість титанових сплавів. Титанові сплави, завдяки своїм унікальним властивостям, знаходять широке застосування в авіації, медицині, машинобудуванні та багатьох інших галузях промисловості. Проте, підвищення їхньої зносостійкості є важливим для розширення спектру їх застосування. Тому модифікація поверхні титанових сплавів низькотемпературним азотуванням у тліючому розряді дозволяє підвищити зносостійкість титанових сплавів та розробити рекомендацій для подальшого практичного застосування. Застосування тліючого розряду дозволяє покращити фізико-механічні властивості та фазовий склад азотованої поверхні титанових сплавів.
Ключові слова: титанові сплави, азотування в тліючому розряді, зносотійкість

Вступ

У високотехнологічних галузях промисловості, в тому числі в машинобудуванні, широко застосовуються легкі металічні матеріали, які працюють в умовах інтенсивного зношування. Найбільш поширеним представником матеріалів цього класу є титан та сплави на його основі [1].

Титан та титанові сплави широко використовуються у багатьох галузях промисловості завдяки їх високій міцності, легкості, винятковій корозійній стійкості та відмінним біосумісним властивостям [2]. Титан відзначається малою питомою вагою, високою питомою міцністю та корозійною стійкістю. В той же час характерною особливістю титану є схильність до поверхневого схоплювання з іншими металами, що обумовлює низьку його зносостійкість і обмежує використання у вузлах тертя механізмів і машин. Без додаткової обробки поверхні використання титанових сплавів у вузлах тертя та інших місцях контактної взаємодії є проблематичним. Важливою також є властивість підвищеної активності титану стосовно азоту.

Відомо, що вирішальну роль в забезпеченні надійності, довговічності деталей, вузлів та агрегатів машин і механізмів відіграють властивості поверхневого шару. Застосування азотування в тліючому розряді для модифікації поверхні титанових сплавів актуальне, оскільки дозволяє збільшити швидкість азотування в 10…15 разів у порівнянні з традиційним пічним азотуванням, а також скорочує енергетичні, матеріальні та інші ресурси.

Відомі дослідження зносостійкості титанових сплавів після азотування при високих температурах (800…900°С) з утворенням на поверхні моношарів нітридів титану TiN (δ-фази), які мають високу мікротвердість (10000…15000 МПа), але не забезпечують в ряді випадків високої зносостійкості пари тертя у зв’язку з абразивним зношуванням, що обумовлене руйнуванням нітридних шарів. Продукти руйнування далі виконують роль абразиву. Разом з тим, при високих температурах змінюється мікроструктура матеріалу, відбувається ріст зерна, що негативно впливає на міцність конструктивних елементів.

Одним з перспективних методів підвищення зносостійкості та корозійної стійкості титанових сплавів є азотування в тліючому розряді, процес, який включає насичення поверхневого шару титану азотом при азотуванні в тліючому розряді. Цей метод має значно покращити механічні властивості титанових сплавів, зокрема їх твердість та стійкість до корозії, розширюючи тим самим можливості їх застосування. Основи теорії та практики безводневого азотування в тліючому розряді розроблені В.Г

Каплуном та І.М Пастухом [3,4].

Основний матеріал.

Для модифікації поверхні титанових сплавів використовували метод хіміко-термічної обробки – низькотемпературне азотування в тліючому розряді в безводневому середовищі. Азотування проводилося на експериментальній установці “УАТР-1”. Установка для азотування в тліючому розряді в безводневих середовищах розроблена Подільським науковим фізико-технологічним центром (ПНФТЦ) в Хмельницькому національному університеті [5].

Застосування тліючого розряду дозволяє не тільки на порядок прискорити процес дифузійного насичення поверхні азотом, а й суттєво змінює кінетику процесу та якісні параметри азотованого шару, зокрема його фізико-механічні характеристики та фазовий склад. Це дозволяє оптимізувати фізико-механічні властивості поверхневого шару в залежності від умов експлуатації конструктивних елементів та підвищити їх зносостійкість [6-8].

Для досліджень використовували ($\alpha+\beta$) сплав титану марки ВТ8, який має широке застосування у промисловості. Дослідження титанового сплаву ВТ8, азотованого за режимом - температура поверхні 660 0С, тиск 160 Па, тривалість азотування 75 хв; газове середовище за об’ємом - азот 28%, аргон 72%, на зносостійкість в умовах сухого тертя проводили на машині тертя Optimal SRV, по схемі тертя „кулька – площина”. Площина – зразок титанового сплаву, а кулька - сталь ШХ-15, HRC 62. Дослідження проводили при зворотно – поступальному русі з частотою коливань 50 Гц та амплітудою коливань 1 мм. Для визначення трибологічних властивостей покриття проводились дві серії дослідів: 1) антифрикційні і протисхоплювальні властивості покриття, та 2) зносостійкі властивості покриття.

Результати досліджень зносостійкості сплаву ВТ8 приведені в табл. 1. Дослідження показують, що зусилля схоплювання титанового сплаву після азотування в тліючому розряді в даних умовах випробувань збільшилось майже в 4,6 рази, в порівнянні з неазотованим зразком. При цьому максимальний допустимий тиск на поверхні тертя збільшився в 3,7 рази. Це свідчить про зростання несучої здатності поверхні титанового сплаву ВТ8 після низькотемпературного азотування.

З табл. 1 видно, що знос неазотованого титанового сплаву в 15 разів більший в порівнянні з азотованим. Знос гартованої кульки із сталі ШХ 15, що працює в парі тертя як контртіло, навпаки, значно менший в парі з неазотованим зразком. При цьому на поверхню гартованої кульки відбувалося намазування неазотованого титанового сплаву. В парі „азотований ВТ8 – гартована кулька” великий знос кульки пояснюється тим, що продукти зношування азотованого ВТ8 мали високу твердість (HV = 600 - 750) і виступали як абразив в процесі зношування.

Таблиця 1 - Результати досліджень на зношування пари азотований титановий сплав ВТ8 – кулька сталь ШХ15 на машині Optimal SRV.

Зразки	Зусилля схоплювання $F_{зв}$, Н	Тиск в зоні схоплювання $P_{зв}$, Н/мм^2	Зношування		Діаметр схоплювання $D_п$, мм	ширина доріжки зносу h, мм
			кульки $\Delta m_к$, мГ	ВТ8 $\Delta m_{зр}$, мГ		
Вихідний матеріал	65	18,4	0,1	12,0	1,85	4,0
азотований зразок	300	67,5	2,1	0,8	2,45	2,4

Утворення твердої фази нітридів на поверхні азотованих зразках титанових сплавів безпосередньо призводить до підвищення зносостійкості, яка поступово зменшується по глибині азотованого шару. Рентгеноструктурні дослідження показали, що в результаті низькотемпературного азотування на поверхні титанового сплаву ВТ8 утворюється мононітрид TiN (δ –фаза) та ε - фаза Ti_2N (рис. 1). Наявність на поверхні нітридів ε-Ti_2N і твердого розчину α-TiN сприяє підвищенню антифрикційних властивостей і зменшенню коефіцієнту тертя та інтенсивності зношування. При цьому виникали найнижчі температури в зоні тертя. У випадку, коли на поверхні утворюється тверда і крихка δ-фази TiN, відбувається зміна механізму зношування матеріалу з окисно-адгезійного на абразивне, що обумовлюється підвищенням температури в зоні контакту, коефіцієнтом тертя та інтенсивністю зношування [6].

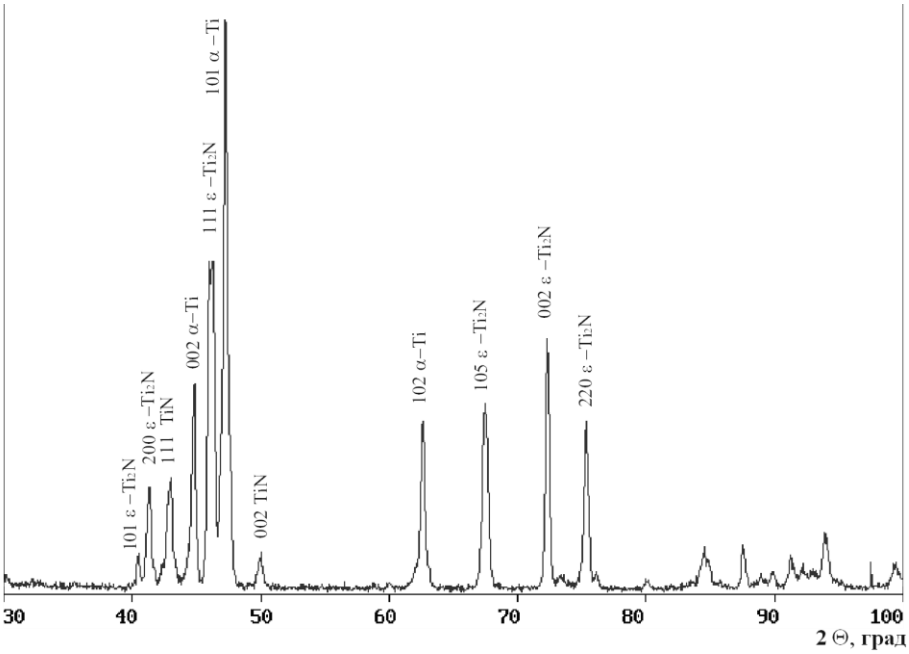


Рис. 1 Рентгенівські дифрактограми азотованого титанового сплаву ВТ8

Дослідження залежність зносу від шляху тертя неазотованого та азотованого титанового сплаву. З рисунку видно, що неазотовані зразки зношувалися інтенсивно. Величина їх зносу в умовах випробувань складала 0,4 мм після 170 м шляху ковзання. Інтенсивність зношування при цьому складала $8{,}5 \cdot 10^{-6}$. Після зношування азотованого шару різко зростає величина зносу титанового сплаву (рис.2).

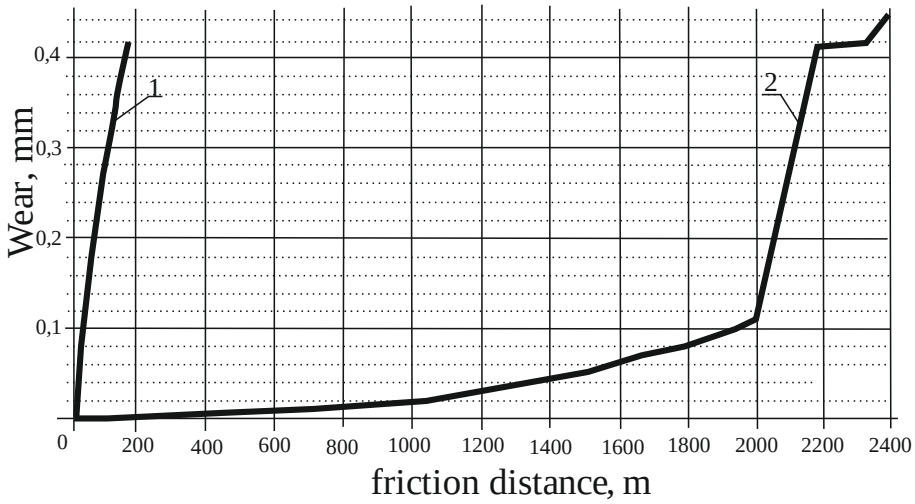


Рис. 2 *Залежність між зносом та шляхом тертя1) неазотованого титанового сплаву, 2) азотованого титанового сплаву.*

Під дією нормального навантаження в процесі зношування на доріжці тертя відбувається пластична деформація, яка змінює розміри та форму зерен, що підвищує твердість поверхні на 100÷200 МПа в залежності від величини тиску від нормального навантаження, що наглядно видно з рис. 3. Поверхня тертя як зразка так і контртіла після трибологічних досліджень має доріжки характерної структури борозни, яка утворюється в результаті адгезійної взаємодії азотованого титанового сплаву з сталевою поверхнею.

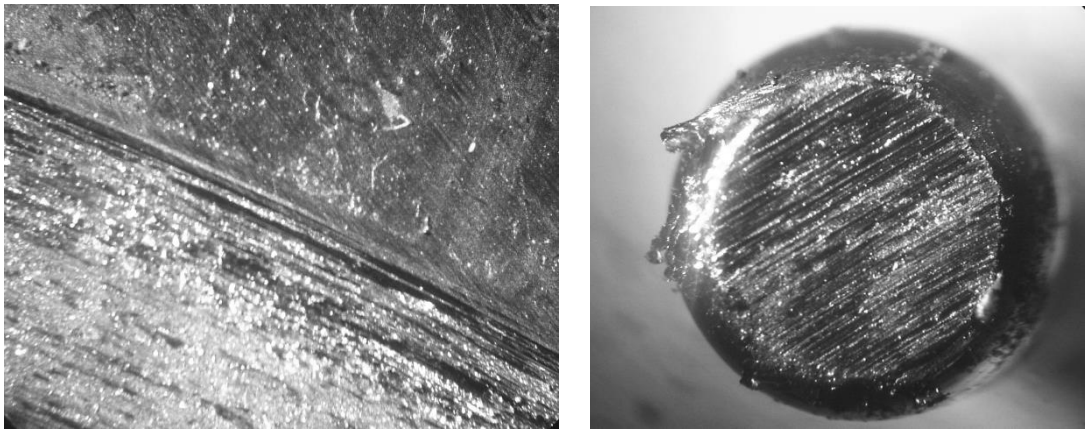


Рис. 3. Поверхні тертя зразка та контртіла після трибологічних досліджень

Висновки

1. Зміцнення поверхні титанового сплаву ВТ-8 низькотемпературним азотування в тліючому розряді підвищити протисхоплювальні властивості титанового сплаву у парі тертя «азотований титановий сплав – сталь гартована ШХ 15» в умовах сухого тертя в 4,2 рази в порівнянні з неазотованим титановим сплавом.

2. Узагальнюючи, можна сказати, що підвищення зносостійкості титанових сплавів за допомогою низькотемпературного безводневого азотування в тліючому розряді є перспективним напрямком, що відкриває нові можливості для промисловості та науки. Прогрес у цій галузі залежить від подальших досліджень, інноваційних

розробок та інтеграції новітніх технологій, які разом сприятимуть створенню більш довговічних, ефективних та екологічно безпечних матеріалів для широкого спектру застосувань

Бібліографія

1. Турич В. В., Руткевич В. С. (2012) Матеріалознавство : Навчальний посібник. Вінниця : РВВ ВНАУ, 100 с.
2. Brunette D. M., Tengvall P., Textor M., Thomsen P.,(2001) Titanium in Medicine. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, P. 1019.
3. Каплун В. Г. (1992) Научные основы технологии упрочнения деталей машин и инструмента ионным азотированием в безводородных средах: дис. … док. техн. наук : 05.02.01. Хмельницкий, 1992. 450 с.
4. Пастух І. М. (2008) Фізико-технічна обробка поверхні металів безводневим азотуванням в тліючому розряді: дис. … док. тех. наук : 05.03.07. Київ, 520 с.
5. Пат. 20919А України, МПК С23С11/10, С23С11/14/ Камера розрядна для хіміко-термічної обробки в тліючому розряді: І. М. Пастух, В. Г. Каплун. – № 96031030; заявлено 18.03.96; опубл. 07.10.97.
6. Mashovets N. S. (2019) Analysis of the influence of nitriding in a glow discharge on the properties of a titanium alloy. Problems of Tribologyy. Vol. 24 (3/93). P. 39–44.
7. Pastukh I.M., Mashovets N.S., Shalapko Yu.I., Kurskaja V.A. (2014) Forecast the formation of nitrides on the surface of titanium alloys during nitriding in a glow discharge. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Vol. 62 (2). P. 53–62.
8. Mashovets N. S., Pastukh I. M., Voloshko S. M. (2017) Aspects of the practical application of titanium alloys after low temperature nitriding glow discharge in hydrogen free gas media. Applied Surface Science. Vol. 392. P. 356–361.

ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ

Матюх С.А., Матюх Л.В., Рудніченко Є.М.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. У дослідженні представлено проблематику формування стратегії забезпечення економічної безпеки підприємства. Встановлено, що конкуренція за прихильність та увагу споживачів, систематична боротьба за ресурси, падіння платоспроможного попиту, мотивує менеджмент та власників підприємств розробляти нові стратегії розвитку. При цьому розробка стратегії та активна робота менеджменту і власників підприємств у цьому контексті починається з досягнення суб'єктом господарювання певного стану, коли хаотичний розвиток та диверсифікація діяльності не приносить додаткових надходжень, а процеси управління набувають ознак хаотичності та недостатньої контрольованості. Обгрунтовано необхідність розроблення саме стратегії забезпечення економічної безпеки з урахування теоретичних положень стратегічного управління та безпекології. Визначено, що основним «драйвером» забезпечення економічної безпеки суб'єктів господарювання є управлінські рішення, які приймаються у межах складових системи економічної безпеки підприємства. Встановлено безпосередній вплив управлінських рішень стратегічного характеру на окремі складові системи економічної безпеки підприємства. Виділено ризикоорієнтований, поміркований та консервативний підходи до вибору та формування стратегії забезпечення економічної безпеки. Результатами їх застосування є управлінські рішення у визначеній стратегічній перспективі. Перелік стратегічних цілей, масштабність процесів їх досягнення, наявність або відсутність припущень та імовірностей відрізняються у межах кожного підходу, що дозволяє менеджменту і власникам підприємства приймати ефективні управлінські рішення та забезпечувати економічну безпеку підприємства у довгостроковій перспективі.
Ключові слова: стратегія, економічна безпека, управлінські рішення.

Вступ. Стратегія є запорукою розвитку будь-якої складної соціально-економічної системи на макро-, мезо- та мікрорівні, що підтверджується численними публікаціями як науковців, так і практиків. Актуальні умови функціонування підприємств, і не лише вітчизняних, можна охарактеризувати, як боротьбу за виживання серед токсичного середовища наповненого «хижаками». Жорстка конкуренція за прихильність та увагу споживачів, систематична боротьба за ресурси, падіння платоспроможного попиту (особливо вітчизняних споживачів) мотивує менеджмент та власників підприємств розробляти нові стратегії «виживання» та розвитку.

Основні результати дослідження. Розробка стратегії та активна робота менеджменту і власників підприємств у цьому контексті починається з досягнення суб'єктом господарювання певного стану, коли хаотичний розвиток та диверсифікація діяльності не приносить додаткових надходжень, а процеси управління набувають ознак хаотичності та недостатньої контрольованості. Як свідчить практичний досвід більшості успішних компаній, за деякими поодинокими виключеннями, їх діяльність не починалась з розробки стратегії, а була ініційована внаслідок виникнення певної ідеї і подальшого формулювання мети діяльності для досягнення конкретного результату (фінансового, іміджевого або іншого). Відповідно до стадії життєвого циклу, відносно бурхливий розвиток на початковому етапі супроводжувався зростанням виручки та збільшенням доходів, що створювало «ілюзію тривалого успіху» та безпроблемного існування у довгостроковій перспективі. Такий стан продовжувався до моменту певного насичення ринку відповідним товаром і до досягнення підприємством певних масштабів. Після чого виникали перші «сигнали» про виникнення кризових ситуацій у різних

функціональних напрямах діяльності підприємств. В залежності від оперативності реакції власників та менеджменту піднімалось питання упорядкування бізнес-процесів та вироблення загальної стратегії поведінки. Також паралельно акцентувалася увага на забезпеченні економічної безпеки, оскільки жорстка конкурентна боротьба вимагала рішень та дій задля збереження потенціалу розвитку підприємства у довгостроковій перспективі. Таким чином, переважно еволюційно, суб'єкти господарювання приходили до розуміння необхідності розробки стратегії та систематизації операційних цілей з метою досягнення визначеної стратегічної мети.

Переважна більшість науковців стверджує, що саме поняття «стратегія» пов'язано із військовою справою, а з плином часу воно було використано і у інших сферах суспільного життя, що обумовило доволі суттєві відмінності у розумінні поняття «стратегія». Навіть науковці світового рівня, праці яких є одними з найбільш цитованих, наводять іноді декілька визначень цього складного поняття.

Так, Г. Мінцберг запропонував п'ять тлумачень поняття «стратегія»:

1) стратегія як план (стратегія є план, якийсь вид свідомо і навмисно розробленої послідовності дій, дороговказівна лінія (або ряд таких ліній), якої дотримуються у конкретній ситуації;

2) стратегія як спритний прийом (спритний прийом, свого роду «маневр», що вживаються з метою перехитрити противника або конкурента);

3) стратегія як патерн (принцип поведінки, стійка схема дій; стратегія – і заздалегідь продумана, і така, що формується з ходом розвитку подій, – є певна послідовність у поведінці);

4) стратегія як позиція (співвідношення організації із зовнішнім середовищем, тобто стратегія стає опосередковуючою силою, або «посередником»);

5) стратегія як перспектива (концепція; винахід, фантазія, продукт чиєїсь уяви, незалежно від того, розробляється вона навмисно для регулювання поведінки в майбутньому або ж вилучається з минулого досвіду) [1].

Такі визначення комплексно охоплюють практично всі сфери розвитку суб'єкта і спрямовані на боротьбу у конкурентному середовищі на основі обгрунтованих управлінських рішень з урахуванням внутрішнього та зовнішнього середовища функціонування такого суб'єкта.

У сфері менеджменту формуванню стратегії та знаходженню шляхів її реалізації присвячено не одне дослідження, а у більшості всесвітньо відомих наукових праць з менеджменту [2-5] значна увага приділяється саме формуванню стратегії та пошуку ефективного інструментарію стратегічного управління. При цьому необхідно зазначити, що стратегічне управління на сьогодні є однією з найбільш популярних та актуальних сфер менеджменту, а кардинальні зміни у середовищі функціонування підприємств і організацій обумовлюють активізацію досліджень як на інституційному рівні, так і на мікрорівні.

Розвиток стратегічного управління на рівні держави пов'язаний із формуванням основних документів, що регулюють соціально-економічні процеси на макрорівні. Вони почали активно розроблятись у другій половині 2000-х років, однак вагомих результатів від їх реалізації держава не отримала, що можна констатувати виходячи з існуючого стану розвитку економіки та державних інституцій на даний момент часу. Також не було акцентовано уваги щодо протидії російському впливу на євроінтеграційні процеси, особливо за часів президентства В. Януковича. Навпаки, більшість корисних напрацювань у сфері стратегічного управління на рівні держави були або нівельовані численними правками, або просто відбувалося ігнорування основних положень та норм таких документів.

Стосовно розвитку стратегічного управління на мезорівні, то органи місцевого самоврядування також активно займалися розробкою стратегій на обласному рівні та на рівні регіонів, однак суттєвих переваг для регіонального розвитку від ухвалення таких стратегій не спостерігалося.

Класичне бачення процесів розробки стратегії спостерігається на мікрорівні, при цьому найбільш актуальними є дослідження пов'язані із стратегією забезпечення економічної безпеки підприємства, оскільки це відповідає реаліям сьогодення.

Традиційно, розвиток підприємств ототожнюється із формуванням стратегії та дотриманням часових параметрів досягнення визначених стратегічних цілей, однак у наведених визначеннях самого терміну «економічна безпека» цьому приділено недостатньо уваги. На думку В.І. Франчука [6], створення безпечних умов для розвитку є самою сутністю економічної безпеки, її головною метою. При цьому «безпечні умови» досить масштабне поняття, яке можна розглядати на макро-, мезо- та мікрорівні. А у контексті дослідження, стратегія забезпечення економічної безпеки суб'єкта господарювання і повинна враховувати різні рівні впливу на її генерування та реалізацію. А головною стратегічною метою повинен стати безпечний розвиток підприємства у визначеному часовому діапазоні з урахуванням впливу позитивних та негативних чинників на макро-, мезо- та мікрорівні.

І хоча наукових праць, які пов'язані з економічною безпекою достатньо велика кількість, стратегічні аспекти забезпечення економічної безпеки досліджені доволі фрагментарно, а галузевий та регіональний аспекти залишаються поза увагою науковців доволі тривалий період часу. Це пов'язано із динамічністю розвитку соціально-економічних процесів на різних рівнях та наявністю глобальних викликів, особливо в умовах війни. Також на інституційному рівні відбуваються зміни нормативно-правових актів, які регулюють не лише суто економічні процеси, а і формують відповідне бізнес-середовище (часто недостатньо сприятливе), що негативно впливає саме на «життєздатність» розроблених стратегій навіть у середньостроковій перспективі.

У науковій літературі доволі часто зустрічається визначення «стратегія економічної безпеки» та «стратегія забезпечення економічної безпеки» і багато авторів ототожнюють такі поняття. Хоча на нашу думку, доцільно говорити про «стратегію забезпечення економічної безпеки», оскільки тут закладений діяльнісний підхід з чітко визначеними цілями. Можна погодитись з думкою М. Копитко щодо визначення досліджуваного поняття: «..це комплекс дій, що дають можливість чітко виявити та означити основні пріоритети подальшої діяльності підприємства в аспекті забезпечення економічної безпеки, беручи до уваги змінність та нестабільність умов зовнішнього та внутрішнього середовища його існування» [7, с. 111]. Однак доцільно підкреслити важливість рішень, які приймаються для реалізації стратегії та спонукання до дій тих осіб, які є відповідальними за певний напрям роботи. Частково всі названі дослідники мають раціональне бачення, однак не акцентують увагу на основному «драйвері» забезпечення економічної безпеки суб'єктів господарювання – на управлінських рішеннях. Тому доцільно визначити як саме впливають управлінські рішення стратегічного характеру на окремі складові системи економічної безпеки, що дозволить більш чітко визначити масштабність управлінського впливу та його важливість для системи в цілому (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив управлінських рішень стратегічного характеру на окремі складові системи економічної безпеки підприємства

Складова СЕБП	Управлінські рішення стратегічного характеру
Інформаційна	Визначення джерел інформації для формування та реалізації стратегії (макро-, мезо-, мікрорівень); визначення процедури аналізу інформації за напрямами і видами діяльності; визначення критеріїв оцінювання інформації (оперативність, достовірність, актуальність, вагомість, часовий горизонт впливу); автоматизація процесів накопичення, обробки та використання інформаційних потоків
Фінансова	Урахування можливостей кардинальних змін фіскальної політики держави; врахування форми власності підприємства та розподілу майнових прав у процесах планування фінансових потоків; прогнозування фінансових потоків та визначення потреби у фінансових ресурсах; формування політики залучення фінансових ресурсів; прогнозування доцільності використання кредитних ресурсів; унормування процедур бюджетування.
Кадрова	Визначення необхідної кількості персоналу відповідно до потреб забезпечення процесів функціонування підприємства у встановленому часовому діапазоні; формування вимог до якості персоналу; розробка мотиваційного механізму; формування організаційної культури; формування системи моніторингу ефективності діяльності працівників; встановлення ключових показників ефективності їх роботи.
Техніко-технологічна	Аналіз ринку наявних технологій та прогноз розвитку на визначений період стратегічного планування; аналіз техніки, яка може бути доступною та здатна забезпечити відповідний технологічний процес; аналіз фактичного стану техніки і технологій, що використовуються на підприємстві; визначення потенційних техніко-технологічних стратегічних переваг; оновлення техніко-технологічної складової діяльності підприємства з урахуванням інноваційного розвитку галузі та окремих лідерів ринку; визначення «слабких місць» у технологічних процесах та розробка стратегічних рішень з їх ліквідації; стимулювання інноваційного розвитку підприємства в цілому і удосконалення окремих технологічних процесів в окремих структурних підрозділах
Інтелектуальна	Аналіз стану справ із захистом інтелектуальної власності; стимулювання НДДКР та створення нових зразків продукції; визначення часових меж розробки і впровадження нових об’єктів інтелектуальної власності
Екологічна	Аналіз інституційних норм у сфері екології; аналіз відповідності виробничих процесів екологічним нормам; удосконалення діяльності підприємства з позиції дотримання екологічних норм у визначеному часовому діапазоні стратегічного планування
Ресурсна	Аналіз актуального стану ресурсного забезпечення діяльності підприємства з позиції доступності ресурсів, достатнього їх обсягу, наявності альтернативних джерел забезпечення ними; формування страхового запасу ресурсів у визначеному часовому діапазоні; формування потреби у ресурсах згідно плану стратегічного розвитку; розробка програми ресурсного забезпечення діяльності підприємства в умовах дії непередбачуваних обставин

Стосовно складових системи економічної безпеки підприємства, необхідно підкреслити наявність достатньо різного трактування таких складових та їх кількості, що

детально представлено у [8]. Зрозуміло, що є можливість розширеної деталізації наведених складових, однак на нашу думку, з позиції стратегічного впливу і важливості забезпечення економічної безпеки підприємства, необхідно виділити такі складові: інформаційну, фінансову, кадрову, техніко-технологічну, інтелектуальну, екологічну, ресурсну. У межах таких складових, формуються управлінські рішення стратегічного характеру, які впливають на економічну безпеку підприємства у визначеному часовому діапазоні.

Для інформаційної складової СЕБП характерні наступні рішення стратегічного характеру. Визначення джерел інформації для формування та реалізації стратегії (макро-, мезо-, мікрорівень), що є надзвичайно важливим елементом належного функціонування СЕБ не лише на даний момент, а і у майбутньому, оскільки якість інформаційного забезпечення надзвичайно сильно залежить від джерела надходження такої інформації.

Визначення процедури аналізу інформації за напрямами і видами діяльності забезпечує формування стратегії забезпечення економічної безпеки на основі агрегованих даних, а визначення критеріїв оцінювання інформації (оперативність, достовірність, актуальність, вагомість, часовий горизонт впливу) дозволяє зробити такий процес достатньо верифікованим. І у ідеальному варіанті, повна автоматизація процесів накопичення, обробки та використання інформаційних потоків дозволяє значно зменшити трудомісткість вищенаведених процедур та оперувати великими масивами даних, що для стратегічного управління є актуальним враховуючи активне розповсюдження штучного інтелекту та нейронних мереж.

Фінансова складова СЕБП передбачає формування наступних рішень стратегічного характеру. Урахування можливостей кардинальних змін фіскальної політики держави, що для функціонування підприємства у довгостроковій перспективі є надзвичайно важливим з точки зору економічної безпеки, а система економічної безпеки та її функціонування базується не лише на інформації, а і на фінансових потоках. Стратегічно необхідно враховувати форму власності підприємства та розподіл майнових прав у процесах планування фінансових потоків, оскільки думка власників і відношення до розподілу прибутку може суттєво вплинути на безпеку підприємства у средньо- і довгостроковій перспективі.

Прогнозування фінансових потоків та визначення потреби у фінансових ресурсах є базисом будь-якого планування, і забезпечення економічної безпеки не є виключенням. Рішення щодо формування політики залучення фінансових ресурсів впливає на довгострокову фінансову стабільність і безпеку та дозволяє забезпечити розвиток всіх систем життєдіяльності підприємства. Прогнозування доцільності використання кредитних ресурсів з позиції стратегічного управління завжди виявляє дилему активного розвитку і підвищеного ризику, або більш консервативної політики фінансування діяльності підприємства. Унормування процедур бюджетування; періодичність та зміст фінансової та управлінської звітності є обов’язковою умовою належного формування стратегії, а якісне звітування за етапами виконання цільових показників є запорукою дієвої системи контролю, що для забезпечення економічної безпеки надзвичайно корисно.

Для кадрової складової характерними є рішення, які стосуються: визначення необхідної кількості персоналу відповідно до потреб забезпечення процесів функціонування підприємства у встановленому часовому діапазоні; формування вимог до якості персоналу; розробка мотиваційного механізму; формування організаційної культури; формування системи моніторингу ефективності діяльності працівників; встановлення ключових показників ефективності їх роботи; ідентифікація деструктивної поведінки та розробка дисциплінарних заходів; протидія конкурентній розвідці. Управління персоналом та стратегічне бачення потреби у ньому на визначений часовий

горизонт, є важливою складовою економічної безпеки внаслідок значної частки заробітної плати у собівартості продукції вітчизняних підприємств та генерування великої кількості загроз внаслідок опортуністичної поведінки персоналу. Такі аспекти обов'язково необхідно враховувати при стратегічному плануванні в цілому і у сфері економічної безпеки зокрема.

Техніко-технологічна складова передбачає формування наступних рішень. Аналіз ринку наявних технологій та прогноз розвитку на визначений період стратегічного планування з метою недопущення програшу конкурентам у довгостроковій перспективі. Це передбачає і аналіз техніки, яка може бути доступною та здатна забезпечити відповідний технологічний процес, як у довгостроковій перспективі, так і на даний момент. Для розуміння напрямів стратегічного розвитку і забезпечення дії безпекових механізмів проводиться аналіз фактичного стану техніки і технологій, що використовуються на підприємстві та визначення потенційних техніко-технологічних стратегічних переваг. На основі аналізу приймаються стратегічні рішення щодо оновлення техніко-технологічної складової діяльності підприємства з урахуванням інноваційного розвитку галузі та окремих лідерів ринку. Відбувається визначення «слабких місць» у технологічних процесах та розробка стратегічних рішень з їх ліквідації, а також стимулювання інноваційного розвитку підприємства в цілому і удосконалення окремих технологічних процесів в окремих структурних підрозділах.

Інтелектуальна складова передбачає стратегічні рішення, які стосуються аналізу стану справ із захистом інтелектуальної власності та стимулюванням НДДКР та створення нових зразків продукції. З метою досягнення і збереження конкурентних переваг приймаються рішення щодо визначення часових меж розробки і впровадження нових об'єктів інтелектуальної власності.

З позиції формування стратегічних управлінських рішень екологічна складова містить: аналіз інституційних норм у сфері екології; аналіз відповідності виробничих процесів екологічним нормам; удосконалення діяльності підприємства з позиції дотримання екологічних норм у визначеному часовому діапазоні стратегічного планування. Необхідно враховувати, що у всьому світі екологічні норми стають більш жорсткими, що призводить до потреби заміни технологічного обладнання та рециклінгу відходів промислового виробництва. Для економічної безпеки підприємства недостатнє врахування такої складової у стратегічній перспективі може призвести до вагомих економічних втрат у майбутньому.

І як свідчать реалії функціонування вітчизняних підприємств в умовах війни, ресурсна складова системи забезпечення економічної безпеки є однією з найбільш вагомих, і передбачає формування таких стратегічних управлінських рішень. Аналіз актуального стану ресурсного забезпечення діяльності підприємства з позиції доступності ресурсів, достатнього їх обсягу, наявності альтернативних джерел забезпечення ними. З метою забезпечення стабільної роботи підприємства приймаються стратегічні рішення щодо формування страхового запасу ресурсів у визначеному часовому діапазоні. Також здійснюється формування потреби у ресурсах згідно плану стратегічного розвитку у визначеному часовому діапазоні. Обов'язково відбувається розробка програми ресурсного забезпечення діяльності підприємства в умовах дії непередбачуваних обставин.

Враховуючи вплив стратегічного управління на складові СЕБП необхідно акцентувати увагу на безпосередньому виборі стратегії та визначити чим такий вибір обумовлений.

Тут доцільно виділити так званий «традиційний підхід» та підхід з позиції забезпечення економічної безпеки. Особливістю так званого «традиційного підходу» є те, що у багатьох наукових джерелах обґрунтовують безпосередній вибір стратегії

впливом середовища і умовами в яких перебуває організація. Якщо узагальнено представити середовище та його вплив, то найбільш доцільно виділити три його стани, а саме: агресивне середовище; стандартне (інертне) середовище; сприятливе (інноваційно-орієнтоване) середовище. Агресивне середовище передбачає наявність жорсткої конкурентної боротьби та наявність значної кількості факторів негативного впливу. Стандартне (інертне) середовище характерно для функціонування підприємств традиційних галузей, де сегменти ринку переважно поділені вже давно, а вихід нових гравців на ринок достатньо ускладнений. Сприятливе середовище формується на певний період (особливо у вітчизняних реаліях) і характерно для нових галузей та видів діяльності, які характеризуються відносно низьким рівнем конкуренції та підтримкою різних груп стейкхолдерів. У цьому контексті необхідно визначити і умови в яких перебуває організація. Агреговано такі умови можливо представити у трьох проекціях: інституційної підтримки; нейтральні; тиск різних груп стейкхолдерів. Інституційна підтримка передбачає створення сприятливих умов зі сторони державних інституцій та підключення до цих процесів міжнародних «донорів». Це забезпечує надходження інвестиційних ресурсів та захист на рівні держави від багатьох непередбачуваних обставин, що є запорукою довгострокового планування, яке базується на реалістичних прогнозах та оцінках. Нейтральні умови передбачають приблизно рівні можливості всіх суб'єктів господарювання без лобіювання інтересів та надання преференцій. А в умовах тиску різних груп стейкхолдерів для менеджменту і власників основним завданням є збереження компанії та пошук альтернатив, які б надавали можливість довгострокового планування.

З позиції економічної безпеки, не лише ці традиційні підходи є визначальними. Особливого значення набуває також схильність власників та менеджменту організації до ризику, або навпаки до консерватизму. Тобто можна виділити ризикоорієнтований, поміркований та консервативний підходи до вибору та формування стратегії забезпечення економічної безпеки. Результатами їх застосування будуть відповідні управлінські рішення у визначеній стратегічній перспективі. Перелік стратегічних цілей, масштабність процесів їх досягнення, наявність або відсутність припущень та імовірностей будуть відрізнятись у межах кожного підходу.

Висновки. Прийняття рішень з розробки стратегії будь-якого рівня, базується на розумінні ситуації для кожної конкретної організації та можливості вплинути на події та явища, які з нею пов'язані. І якщо на стейкхолдерів та процеси взаємодії з ними організація може впливати (хоч певним чином), то на державні інституції та міжнародні корпорації вплинути надзвичайно складно (у більшості випадків неможливо). Саме тому при розробці стратегії забезпечення економічної безпеки необхідно визначити «межу впливу», оскільки для суб'єктів які знаходяться поза такою межею, рішення менеджменту і власників компаній не будуть мати особливого значення та не будуть викликати відповідну реакцію вищезазначених суб'єктів. Такий підхід дещо відрізняється від загальноприйнятих у стратегічному управлінні та потребує подальших досліджень.

Література

1. Mintzberg H. (1978) Five Ps for Strategy. California Management Review
2. Havlovska, N., Rudnichenko, Ye., Babiy, I., Matiukh, S., Liubokhynets, L., Lopatovskyi, V. (2020). The strategy of choosing promising markets for the enterprise - subject of foreign economic activity on the basis of accessibility, safety and profitability criteria. Quality-Access to Success Journal, 21(178), 26-34.
3. Aaker D. (2005) Strategic Market Management. New York : John Wiley & Sons Inc. 368 p.

4. Ansoff H. I. (1988) The New Corporate Strategy. New York: Wiley. 241 p.
5. Havlovska N., Illiashenko O., Konoplina O., Shevchuk I., Hlynska A., Prytys V. (2020) Strategic adaptation as a way of managing organizational changes in the context of implementing a safety oriented enterprise management approach. Tem Journal. Vol. 9 (3), pp. 1053-1061.
6. Франчук В. І. (2010) Теоретична модель системи забезпечення економічної безпеки акціонерних підприємств. Науковий вісник НЛТУ України. № 20.8. С. 155–162.
7. Копитко М. І. (2015) Комплексне забезпечення економічної безпеки підприємств : дис. … д-ра екон. наук: 21.04.02 / Університет економіки і права «Крок». Київ. 401 с.
8. Притис В.І., Гавловська Н.І., Рудніченко Є.М. (2019) Дослідження базових категорій безпекоорієнтованого підходу в управлінні підприємствами. Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. №2. С. 23-30

METHOD AND VIBRATING MACHINE FOR OBTAINING AMMONIA WATER FOR PLANT FEEDING

Matveev O.[1], Ganzyuk A.[2] , Hordieiev A.[2]
[1]Khmelnytskyi Polytechnic Vocational College "Lviv Polytechnic, Ukraine
[2]Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The essence of various processes of extracting nitrogen from the air and obtaining ammonia water and liquid fertilizers is considered. The essence of the proposed method is that the effect of sound hydrocavitation and a variable magnetic field on water is reduced to a single process - the splitting of water molecules in the cavitation cavity into active radicals and binding of atomic nitrogen from the air. The vibration installation for obtaining ammonia water for plant nutrition, as the conducted studies have shown, allows the process of saturating the liquid with air and the formation of active radicals in the purified water, which participate in chemical gas-phase reactions of the formation of the NH3 compound in the cavitation cavity in the presence of a mixture of N*2 + H2, as well as the formation of nitrogen oxide NO2 in the presence of N2 + O2. Reactions are also carried out both with the participation of disturbed N2 molecules and with the participation of N2 ions. experimental studies show an increase in the concentration of ammonia in tap water by 120%, in pond water by 160%, and in pre-treated (bidistellate) water by 500%. The results of using purified water for germinating bean seeds showed the effectiveness of the proposed method and the vibration machine for its implementation. The technical result of using a vibrating machine to obtain ammonia water for feeding plants is a significant reduction in the number of component devices and their sizes, a significant reduction in energy consumption, which during the operation of the vibrating machine is 300 W, and the temperature regime is significantly reduced (the process takes place at a temperature of 20-250C), and as the reagent uses atomic nitrogen of the air and does not require its additional source.
Keywords: vibrating machine, method of obtaining ammonia water.

Nitrogen is necessary for plant growth and is part of every living cell. There are three main forms of soil nitrogen: organic, ammonium, nitrate. Organic nitrogen is part of organic matter, or humus, and is not readily available. It makes up from 97 to 98% of total soil nitrogen, and is contained there in a form that the plant cannot absorb. Having determined the content of organic nitrogen in manure, it is worth dividing its amount in half before calculating the dose of nitrogen needed by the culture for the year. Ammonium nitrogen is another form of soil nitrogen held by soil colloids. NH_4 binds to clay particles and is less available than nitrate. Less than 1% of total soil nitrogen is present in the natural environment, usually in the form of ammonia. Nitrate nitrogen and other soluble compounds are also available in the soil and make up 1 to 2% of the total nitrogen content of the soil. On average, the plant contains from 2 to 6% nitrogen. You can get a large amount of nitrogen from the formation of nodules on leguminous crops. In an ideal situation, 70% of nitrogen comes from microbes. In relatively favorable growing conditions, we will get about 50% from this source. Under bad conditions, you can get only 25%. Under normal weather conditions and balanced soil, microbes will be able to perform their "work" well. Non-legume crops absorb NO_3 (nitrate nitrogen) and NH_4 (ammonium ions) from the soil. This nitrogen is used to make chlorophyll, proteins, amino acids and nucleic acids

The production of nitrogen from the air is considered very economical, as the concentration of nitrogen in the atmospheric air reaches 78%. Nitrogen generators are industrial units that obtain pure nitrogen from atmospheric air. All nitrogen generators are divided into several types: for obtaining liquid nitrogen and for obtaining compressed nitrogen (gaseous). According to the technology of obtaining nitrogen, there are: a gaseous nitrogen generator in which a low-molecular sieve made of carbon acts as an adsorbent, and membrane generators in which nitrogen is simply filtered from extraneous gas impurities. Production of gaseous and liquid nitrogen in industrial volumes is well developed in the chemical industry.

But in order to feed plants, in order to increase the yield of summer crops, it is not possible to obtain ammonia water saturated with NH_3 and NO_2 and NO_3 with their low content due to the lack of a method and appropriate equipment.

Let's consider the essence of various nitrogen production processes. The membrane method is based on the separation of nitrogen molecules from compressed air passing through semi-fibrous membranes. Atmospheric air is compressed in the compressor module, after which it undergoes cleaning and drying in the air preparation module and enters the membrane gas separation module, where air is separated into permeate (air with increased oxygen content) and nitrogen gas.

We will analyze the methods and designs of equipment for obtaining ammonia water. There is a known method of dissolving gaseous ammonia in water in three stages in contact devices [1]. At the first stage, gaseous ammonia is dissolved in the initial water, and residual gaseous ammonia from the second stage is used as gaseous ammonia. In the second stage, gaseous ammonia is dissolved in the ammonia water that came from the first stage, with the release of heat, and gaseous ammonia that did not react from the third stage is used as gaseous ammonia. At the third stage, ammonia gas is dissolved in the ammonia water received from the second stage, and the mixture formed after the previous injection is used as ammonia gas of a high-velocity stream of unreacted ammonia. from the first stage with fresh gaseous ammonia. The obtained high-concentration ammonia water after the third stage, as a finished product, is cooled and taken to a storage tank. As contact devices for the process of dissolving gaseous ammonia, the following are used: in the first stage, a packing column, in the second – a cap column, in the third – a separator-mixer, in the volume of which a cooler is installed.

The disadvantages of the known method are the difficulty in using multi-stage stages in contact devices with the additional use of heat exchange devices.

A known method of obtaining ammonia water and liquid fertilizers [2], which includes dissolving gaseous ammonia in dialyzed water passing through a packing column using gaseous ammonia that did not react after obtaining ammonia water, obtaining ammonia water with a low concentration of ammonia using ammonia water , coming from the packing column.

Ammonia water is obtained in a column with wavy plates, which is equipped with heat exchange devices for the removal of heat energy. The concentration of ammonia water is at least 25%, achieved by saturating it with gaseous ammonia that did not react during the production of liquid fertilizers, the production process of which takes place in a serpentine-type reactor, which consists of a series of vertical pipes with shirts connected in series with coils, where liquid ammonia with capacity is throttled and supplied to the reactor jackets, in which it evaporates, cooling the reaction solution, which includes ammonia formed by combining into one stream gaseous ammonia, which is discharged from the upper part of the reactor jackets of the serpentine type, gaseous ammonia entering from the packing column and acid for neutralization are mixed in a hydrodynamic mixer. The neutralization of the mixture of ammonia and acid takes place in a series of vertical pipes with jackets.

The neutralized mixture enters the separator, where gaseous ammonia, which did not react after the neutralization process, is separated and taken to a column with corrugated plates, while liquid fertilizers, in the form of a molten acid salt, are transported as a finished product to a storage tank. Disadvantages of the known method are the difficulty in using multi-stage stages in contact devices and obtaining a product in the form of a molten acid salt.

A known plant for the production of ammonia [3], containing sequentially connected departments of sulfur removal, reforming, steam generation, carbon monoxide conversion, mono-ethanolamine purification, methanation, compression with a steam turbine and process air compressor for reforming, compression compressor of a fresh nitrogen-hydrogen mixture, an air heat exchanger for cooling the nitrogen-hydrogen mixture and a circulation compressor, an air condenser of the spent water vapor of the turbine and a collector of water condensate

with a pump for returning it to the steam generation department, a steam-ejector refrigeration system as part of a two-cavity steam generator, one of the inlets which is connected to the exhaust steam outlet pipeline of the turbine of the process air compressor for reforming, and one of its outlets for condensed water vapor is connected to the inlet of the condensate supply to the air condenser for subcooling it in this condenser, the working steam for which comes from the second the output of the two-cavity steam generator, the air condenser of the turbo-compressor refrigeration unit, the collector of ammonia condensate and the liquid ammonia supply pump to the second inlet of the two-cavity steam generator, the synthesis department with a condensation column, a remote heat exchanger, a synthesis column with a start-up water heater, air cooling devices and a primary separator condensation, two low-temperature evaporators, each of which is installed in parallel along the flow of the circulation gas exit from the condensation column and is connected to an absorption-refrigeration unit for cooling the circulation gas in the secondary condensation section and a high-temperature evaporator, with its connection between the pipe space along the flow of the refrigerant to the steam – of the ejector refrigeration system, according to the useful model, in order to increase efficiency, the tube space of the high-temperature evaporator is included in the circulation gas flow between the air cooling devices and the primary condensation separator. The disadvantages of the known equipment are significant energy consumption and the complexity of the equipment design.

In recent years, many studies have appeared on the application of cavitation processes and equipment for conducting sonochemical reactions in water [4-6]. Cavitation processes affect the oxidation of biological substances [7-14], affect the intensification of chemical processes [15], remove gas inclusions and produce the synthesis of ethanol and biogas [16-21]. Various equipment in the form of rotary generators of hydrodynamic cavitation have been developed [22-23]. Studies [24] show the effect of a variable magnetic field on the passage of various chemical reactions.

The purpose of this work is to research an innovative method and develop a design of a vibrating machine for obtaining ammonia water saturated with NH_3, NO_2 and NO_3 for feeding plants in summer cottages.

The essence of the proposed method is that the effect of sound hydrocavitation and a variable magnetic field on water is reduced to a single process - the splitting of water molecules in the cavitation cavity into active radicals and binding of atomic nitrogen from the air.

The effect of the sound field on substances penetrating the cavitation cavity is direct, and the action of active gases O_2, H_2 participate in radical transformation reactions, and N_2 - in gas sound-chemical reactions, the final result of which is nitrogen fixation. When the cavitation bubble bursts, radicals H^+ , OH^- , ions and low-energy electrons formed in the gas phase during the splitting of the H_2O molecule, as well as metastable excited H_2O molecules, pass into the solution.

Gas-phase reactions involving nitrogen are caused mainly by reactions of disturbed N_2* molecules [4]. Therefore, the reactions of the formation of NH_3 in the cavitation cavity in the presence of a mixture (N_2+H_2), as well as the production of nitrogen oxides in the presence of (N_2+O_2) in the cavity, can in principle be carried out with the participation of both disturbed N_2* molecules and N_2^+ ions, and these processes ultimately comes down to reactions of nitrogen atoms N. Hydrogen atoms H practically do not react with nitrogen [4]. Therefore, a more universal mechanism that describes nitrogen reactions in a cavitation bubble should include, in addition to the reactions of disturbed N_2* molecules [4]:

$$N_2^* + O_2 \rightarrow N_2 + O + O,$$
$$N_2^* + H_2 \rightarrow N_2 + H + H,$$

reactions involving ions and nitrogen atoms, of which the most significant are in the case of oxidation:

$$N_2^* + O_2 \rightarrow N_2O^+ + O,$$
$$N_2^* + O_2 \rightarrow NO_2^+ + N, \qquad N + O_2 \rightarrow NO + O,$$

and in case of recovery: $N_2^* + H_2 \rightarrow N_2H^+ + H.$

Secondary elementary processes involving radical products of H_2O decomposition lead to the formation of NO_2^- and NO_3^-, as well as intermediate HH radicals.

In the formula, the symbol))) indicates the chemical action of sound. Finally, the overall scheme of the cavitation effect on gas molecules in water is presented in the following form:

$$N_2 + O_2 \rightarrow)))NO_2, \qquad N_2 + H_2 \rightarrow)))NH_3.$$

In addition, in water, a magnetic field changing in direction increases the breaking of hydrogen bonds and accelerates the formation of active radicals H^+, OH^-.

With radicals OH^-, N atoms most likely react as follows:

$$N + OH^- \rightarrow NO + H^-, \; NO + OH^- \rightarrow HNO_2,$$
$$NO + OH^- \rightarrow NO_2 + H^-.$$

The method of obtaining ammonia water for feeding plants includes binding gaseous nitrogen from the air with active radicals of hydrogen and oxygen by giving the water a simultaneous effect of cavitation action and a variable magnetic field in a vibrating machine due to reciprocating movement through a non-magnetic nozzle, on the outer walls of which permanent magnets

The essence of the proposed method is that the effect of hydrocavitation and a variable magnetic field on aqueous solutions is reduced to a single process – the splitting of water molecules in the cavitation cavity into active radicals:

$$H_2O \Rightarrow HO^\bullet, \; H^\bullet, \; OH^\bullet, \; H^+, \; OH^-, \; H_2, \; H_2O_2.$$

And the magnetic field, changing in direction, strengthens the breaking of hydrogen bonds and accelerates the formation of active radicals H^+, OH^-.

Chemical gas-phase reactions of the formation of NH_3 in the cavitation cavity in the presence of a mixture of $N_2 + H_2$, as well as the formation of nitrogen oxide NO_2 in the presence of $N_2 + O_2$, are carried out both with the participation of disturbed N_2^* molecules and N_2 ions.

Recombination reactions involving N atoms can be diverse and complex [4]. With radicals OH^-, N atoms most likely react as follows:

$$N + OH^- \rightarrow NO + H^-,$$
$$NO + OH^- \rightarrow HNO_2,$$
$$NO + OH^- \rightarrow NO_2 + H^-.$$

A method [25] and a design of a vibrating machine for obtaining ammonia water for feeding plants [26] are proposed, which is implemented as follows: water is poured into the container of the vibrating machine. The drive of the machine is turned on and the water begins to reciprocate from the pulsation chamber through the non-magnetic nozzle into the container.

Dissolved air is always present in water (from 6 to 11%). In addition, air is captured by the waves of the disturbed water surface and undergoes its mixing with the liquid due to its reciprocating movement, and in the pulsation chamber and the nozzle, the corresponding reactions of ammonia and nitrogen oxide formation take place.

At certain oscillation frequencies, a cavitation cavity appears in the nozzle and the pulsation chamber, in which the process of splitting water molecules into active radicals takes place.

At the same time, during the reciprocating movement of water through a non-magnetic nozzle, which is covered by permanent magnets (Fig. 1), an additional effect of a variable magnetic field in the direction of the water is exerted, which enhances the breaking of hydrogen bonds in water molecules and their splitting in the cavitation cavity into active radicals After processing, water saturated with ammonia is poured into a container for watering plants.

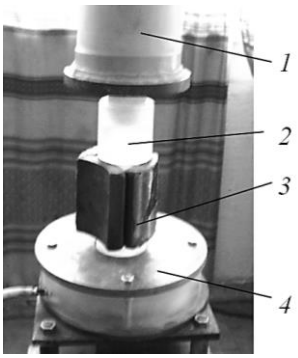


Fig. 1 – Photo of the location of permanent magnets on the non-magnetic nozzle of the pulsation chamber of the vibrating machine: 1 – container with water; 2 – non-magnetic nozzle; 3 – permanent magnets; 4 – pulsation chamber of the vibrating machine

The schematic diagram of the vibration machine [26] for the implementation of the method of obtaining ammonia water for feeding plants is presented in the drawing of Fig. 2. and Fig. 3.

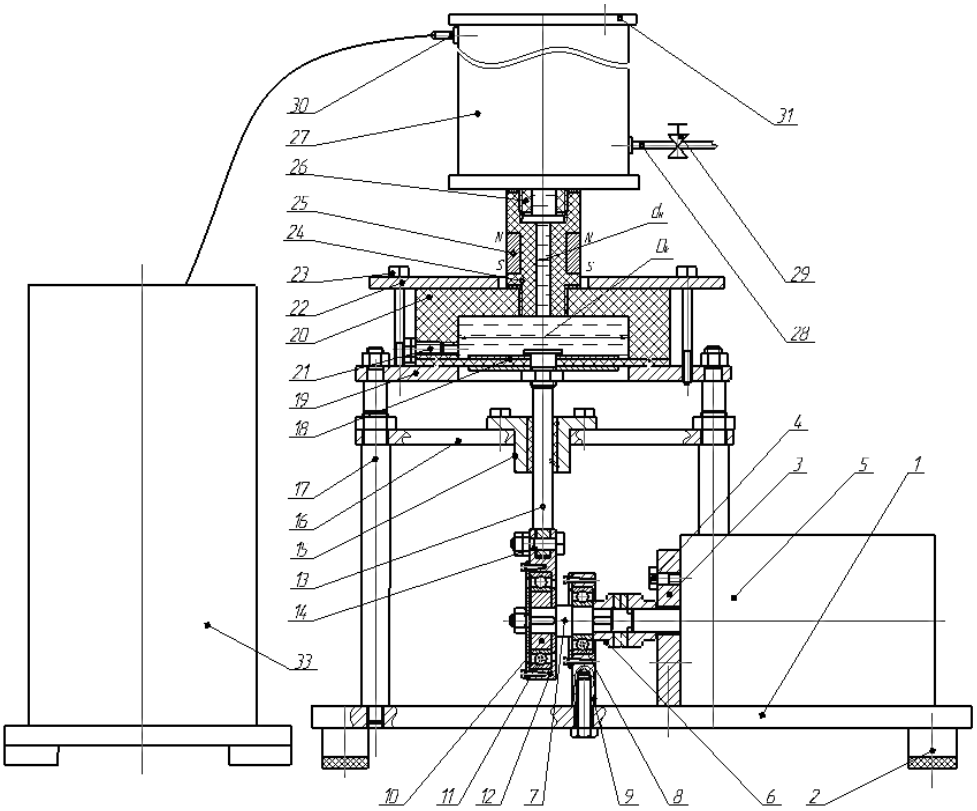


Fig. 2 – Schematic diagram of the vibrating machine for the implementation of the method of obtaining ammonia water for feeding plants: 1 – base; 2 – vibration supports; 3 – body; 4 – bolts; 5 – electric motor; 6 – coupling; 7 – eccentric drive shaft; 8 – body; 9 – bearing; 10 – eccentric;
11 – bearing; 12 – body; 13 - rod 13; 14 – axis; 15 – sleeve; 16 – plate; 17 – stable; 17; 18 – elastic membrane with discs; 19 – plate; 20 – pulsation synthesis chamber; 21 – fitting; 23 – bolt; 24 – nozzle; 25 – permanent magnets; 26 – fitting; 27 – capacity; 28 – fitting for water supply; 29 – tap regulating the water supply; 30 – water outlet fitting; 31 – cover; 32 – hole; 33 – a tank for collecting treated water

The vibrating machine includes: base 1 on vibration supports 2, on which is located the housing 3, to which the electric motor 5 is attached with bolts 4, the shaft of which is connected by a coupling 6 to the shaft of the eccentric drive 7 installed in the housing 8 in the bearing 9. The eccentric 10 is installed on the shaft 7 in the bearing 11 and the housing 12. The housing 12 is connected to the rod 13 by the axis 14. The rod 13 enters the guide sleeve 15 located on the plate 16, which is mounted on the racks 17. An elastic membrane with disks 18 is installed on the upper end of the rod 14 and is located on plate 19, which is mounted on racks 17. On the elastic membrane with discs 18, a pulsating synthesis chamber 20 with a fitting 21 for draining water at the general stop of the process is installed on the elastic membrane with discs 18 and it is fixed with a disc 22 using bolts 23.

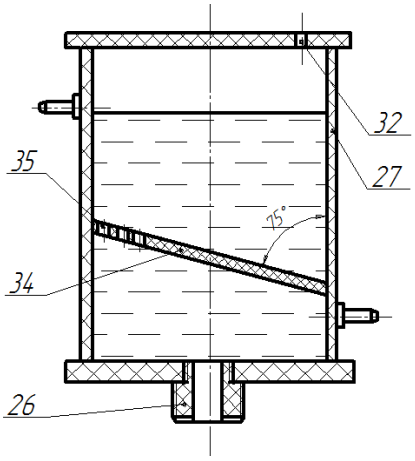


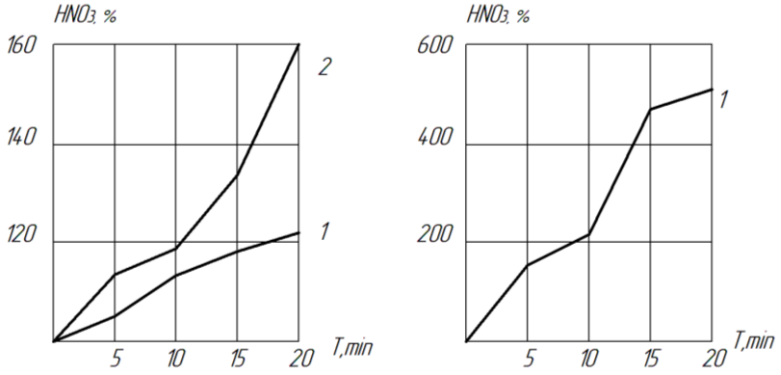
Fig. 3 – Diagram of the section of the capacity of the vibrating machine for the implementation of the method of obtaining ammonia water for feeding plants: 27 – capacity; 34 – a partition located at an angle of 750 to the container wall; 35 – openings

A nozzle 24 is screwed into the synthesis pulsation chamber 20, the outer walls of which are covered by permanent magnets 25, and a fitting 26 is screwed into it, which connects the container 27 with the nozzle 24. In the container 27, a fitting for water supply 28 is installed with a water supply control valve 29 and a fitting for draining water 30 and it is closed by a cover 31 with an opening 32. The fitting 30 is connected by a hose to the tank 33 for collecting treated water. In fig. 3 shows a cross-sectional diagram of the container 27, which shows the location of the partition 34 at an angle of 750 to the wall of the container with holes 35.

The vibration machine works as follows. The water to be processed fills the pulsating synthesis chamber 20 and the container 27 through the fitting 28 thanks to the open tap 29, which is then closed. The drive of the machine is turned on and thanks to the vertical oscillations of the rod 13 and the membrane with discs 18 in the pulsating synthesis chamber 20, a decrease or increase in water pressure occurs alternately relative to atmospheric pressure, while a cavitation cavity appears in the nozzle 24 and in the pulsating synthesis chamber 20. Cavitation bubbles filled with air enter the pulsation synthesis chamber 20 from the nozzle 24 when the rod 13 moves down and grow in size, and when the rod 13 moves up, compression and increased pressure in the water occur and the cavitation bubbles burst, splitting water molecules into active radicals . The liquid, which received cavitation, in the form of a jet from the nozzle 24, enters the container 27. To prevent splashing and separation of the treated water from the untreated one, the container 27 is separated by a partition 33, located at an angle of 750 to the wall of the container with holes 34. During the reciprocating movement of the liquid, when the liquid is drawn in and ejected through the nozzle 24, an additional effect of a variable magnetic field direction from permanent magnets 25 by splitting water molecules into radicals. Thus, the volume of liquid in the container 27 undergoes cyclic multiple hydrocavitation treatment, and the jet of liquid from the nozzle 24 stirs the water in the container 27, disturbs the surface of the water in the container 27 and creates conditions for air capture through the hole 32 in the cover 31.

After 15-20 minutes of cyclic hydrocavitation treatment of the first volume of water through the water inlet fitting 28 with the help of a tap 29, raw water is constantly supplied, with a slight leak, while the vibration drive of the machine is operating, and the treated water flows through the water outlet fitting 30 by gravity into the tank 33 until it is filled. After filling the tank 33, the vibrating machine is turned off and the tank 33 is replaced with an empty one. When the process of operation of the vibrating machine is stopped altogether, the water is drained from the container 27 and the pulsation chamber of the synthesis 20 with the help of the fitting 21.

Experimental studies were conducted to determine the change in the content of ammonia compounds in water taken from various sources and processed in a vibrating machine for 20 minutes. They showed an increase in the concentration of ammonia in tap water by 120%, in pond water by 160%, and in pre-treated water (calves) by 500% (Fig. 4).



а *б*

Fig. 4 – Graphs of the dependence of the concentration of ammonia HNO3 on the duration of cavitation treatment with the simultaneous influence of an alternating magnetic field: a) 1 – tap water; 2 – pond water; b) 1 – pre-treated water (bidistelet); during oscillations of the vibration drive with amplitude A = 0.002 m and frequency f = 14 Hz

Experimental studies were conducted on the use of water for watering pepper seedlings treated on the proposed vibrating machine (Fig. 5) and compared with a control sample of pepper seedlings (Fig. 6), which was watered with ordinary water. Better germination and more intense plant size growth are observed.



Fig. 5 – Size view of pepper seedlings that were watered with treated water



Fig. 6 – View of the dimensions of pepper seedlings that were watered with ordinary water

Thus, the use of the proposed method of obtaining ammonia water for feeding plants and a vibrating machine for its implementation makes it possible to prepare ammonia water for germinating seeds and feeding plants in a summer cottage in 20 minutes.

The vibrating machine for obtaining ammonia water for feeding plants, as the conducted studies have shown, allows the process of saturating the liquid with air and the formation of active radicals in the treated water, which take part in chemical gas-phase reactions of the formation of the NH_3 compound in the cavitation cavity in the presence of a mixture of N_2 + H_2 , as well as the formation of nitrogen oxide NO_2 in the presence of N_2 + O_2. Reactions are also carried out both with the participation of disturbed N_2 molecules and N_2 ions.

Conclusions

As a result of the experimental study, an increase in the concentration of ammonia in tap water by 120%, in pond water by 160%, and in pre-treated water (bydistelet) by 500% was obtained. The results of using treated water for germinating bean seeds and watering pepper seedlings showed the efficiency of the proposed method and the vibration machine for its implementation.

The technical result of using a vibrating machine for obtaining ammonia water for feeding plants is a significant reduction in the number of component devices and their sizes, a significant reduction in energy costs, which during the operation of the vibrating machine are from 250 to 300 W, and a significant reduction in the temperature regime (the process takes place at a temperature of 20-25^{0}C), and atomic nitrogen from the air is used as a reagent and does not need an additional source of nitrogen.

Bibliography

1. Continuous method of obtaining ammonia water of high concentration: pat. 115895 IPC C05C 3/00, C01C 1/00). u 2016 12675 ; statement 12.12.2016; published 04/25/2017, Bul. No. 8.
2. The method of obtaining ammonia water and liquid fertilizers pat. : 121362, IPC3 C05C 3/00, C01C 1/00. a 2017 05214 ; statement 05.29.2017; published 11.12.2017, Bull. №. 23.
3. Installation for the production of ammonia: pat. 34437, IPC (2007) F25B 15/02, F25B 49/00, C01C 1/00. u200803380; statement 17.03.2008; published 11.08.2008, Bull. № 15.
4. Margulis M. A. Fundamentals of sound chemistry (chemical reactions in acoustic fields). Study allowance for chemistry and chemical technology special universities M. Vyssh. Shk., 1984. 272 p.
5. Vinogradov V. E., Pavlov P. A. Cavitation strength of water solutions// Journal of Engineering Thermophysics, Vol. 11, №. 4, 2002. pp. 353-363.
6. Patil P. N.; Bote S. D.; Gogate P. R. Degradation of imidacloprid using combined advanced oxidation processes based on hydrodynamic cavitation. Ultrasound. Sonochem. 2014, 21, pp. 1770–1777.
7. Bagal M. V.; Gogate, P. R. Degradation of 2,4-dinitrophenol using a combination of hydrodynamic cavitation, chemical and advanced oxidation processes. Ultrasound. Sonochem. 2013, 20, pp. 1226–1235.
8. Joshi S. M.; Gogate P. R. Intensification of Industrial Wastewater Treatment Using Hydrodynamic Cavitation Combined with Advanced Oxidation at Operating Capacity of 70 L. Ultrasound. Sonochem. 2019, 52, pp. 375–381.
9. Prado C. A., Antunes F. A., Rocha T. M., Sánchez-Muñoz S. Barbosa F.G., Terán-Hilares R et al. A review on recent developments in hydrodynamic cavitation and advanced oxidative processes for pretreatment of lignocellulosic materials. Biores Technol. 2021. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126458
10. Gogate P. R.; Patil P. N. Combined Treatment Technology Based on Synergism between Hydrodynamic Cavitation and Advanced Oxidation Processes. Ultrasound. Sonochem. 2015, 25, pp. 60–69.
11. Song, L., Yang, J., Yu, S., Xu, M., Liang, Y., Pan, X., et al. Ultra-high efficient hydrodynamic cavitation enhanced oxidation of nitric oxide with chlorine dioxide. Chem. Eng. J. 373, pp. 767–779. doi: 10.1016/j.cej.2019.05.094.
12. Rajoriya S, Carpenter J, Saharan V. K., Pandit A. B. Hydrodynamic cavitation: an advanced oxidation process for the degradation of bio-refractory pollutants. Rev Chem Eng. 2016; 32: pp. 379–411. doi: 10.1515/revce-2015-0075.

13. Performance and energetic analysis of hydrodynamic cavitation and potential integration with existing advanced oxidation processes: A case study for real life greywater treatment / A. Mukherjee et al. Ultrasonic Sonochemistry. 2020. Vol. 66. DOI:10.1016/j.ultsonch. 2020. pp. 105–116.
14. Thanekar P., Murugesan P., Gogate P. R. Improvement in biological oxidation process for the removal of dichlorvos from aqueous solutions using pretreatment based on Hydrodynamic Cavitation. Journal of water process engineering. 2018. Vol.23. pp. 20–26. DOI:10.1016/J.JWPE.2018.03.004
15. Patil P. N., Gogate P. R., Csoka L, Dregelyi-Kiss A, Horvath M. Intensification of biogas production using pretreatment based on hydrodynamic cavitation. Ultrason Sonochem 30. 2016. pp. 79–86. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.11.009.
16. Terán, H. R.; Medeiros, D. R.; Sánchez, M. S.; Aline, P .C.; de Sousa Júnior, R.; da Silva, S. S.; Santos, J. C. Hydrodynamic Cavitation-Assisted Continuous Pre-Treatment of Sugarcane Bagasse for Ethanol Production: Effects of Geometric Parameters of the Cavitation Device. Ultrasound. Sonochem. 2020, 63, 104931.
17. Chipurici P, Vlaicu A, Calinescu I, Vinatoru M, Vasilescu M, Ignat ND, Mason TJ (2019) Ultrasonic, hydrodynamic and microwave biodiesel synthesisa comparative study for continuous process. Ultrason Sonochem 57: pp. 38–47.
18. Chitsaz H, Omidkhah M, Ghobadian B, Ardjmand M. Optimization of hydrodynamic cavitation process of biodiesel production by response surface methodology. J Environ Chem Eng 6(2): 2262–2268. https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.02.047.
19. Hilares R. T., Ienny J. V., Marcelino P. F., Ahmed M. A., Antunes F. A., da Silva S. S. Dos Santos J. C. Ethanol production in a simultaneous saccharification and fermentation process with interconnected reactors employing hydrodynamic cavitation-pretreated sugarcane bagasse as raw material. Biores Technol 243: pp. 652–659. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.159.
20. Zieliński M, Dębowski M, Kisielewska M, Nowicka A, Rokicka M, Szwarc K. Cavitation-based pretreatment strategies to enhance biogas production in a small-scale agricultural biogas plant. Energy Sustain Dev 49. 2019. pp. 21–26
21. Zieliński, M.; Dębowski, M.; Kisielewska, M.; Nowicka, A.; Rokicka, M.; Szwarc, K. Comparison of Ultrasonic and Hydrothermal Cavitation Pretreatments of Cattle Manure Mixed with Straw Wheat on Fermentative Biogas Production. Waste Biomass Valorization 2019, 10, pp. 747–754.
22. Petkovšek M., Mlakar M., Levstek M., Stražar, M., Shirok B., Dular M. A. Novel Rotation Genera tor of Hydrodynamic Cavitation for Waste-Activated Sludge Disintegration. Ultrasound. Sonochem. 2015, 26, pp. 408–414.
23. Sun, X.; You, W.B.; Xuan, X.X.; Ji, L.; Xu, X.; Wang, G.C.; Zhao, S.; Boczkaj, G.; Yoon, J. Y.; Chen, S.Y. Effect of the cavitation generation unit structure on the performance of an advanced hydrodynamic cavitation reactor for process intensifications. Chem. Eng. J. 2021, 412, 15.
24. Silin R. I. Properties of water and modern methods of its purification: a monograph / R. I. Silin, B. A. Baran, A. I. Gordeev. Khmelnytskyi: KhNU, 2009. 254 p.
25. Utility model patent № 152742, Ukrainian IPC C05C 3/00, Method of obtaining ammonia water for plant nutrition / A.I. Gordeev, A.L. Ganzyuk, O.A. Gordeev, O.V. Kravchuk, etc. u 2022 03449; statement 09.19.2022. published 06.45.2023, Bul. № 14.
26. Utility model patent No. 152694 of Ukraine, IPC F25B 15/04 Vibrating machine for obtaining ammonia water for plant feeding / Gordeev A. I., Ganzyuk A. L., Gordeev O. A., Kravchuk O. V., Kravchuk V .V. etc. u 2022 03460; Application 09.19.2022. Publ. 29.03.2023, Bul. № 13.

SPOSOBY WYPOWIADANIA SIĘ WSPÓŁCZESNYCH POLAKÓW W SYTUACJI ZAGROŻENIA EPIDEMIĄ KORONAWIRUSA – WYBRANE ZAGADNIENIA

Mikołajska M.,
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Polska

Streszczenie. Komentarze internetowych – jako „e-ekspresyjne formy uczestnictwa [Gibson i Cantijoch, 2013] w tzw. „trzecich przestrzeniach" (wg teorii Raya Oldenburga [1999]) – stanowią bogate źródło materiału poznawczego dla współczesnych badań komunikacyjnych. Ich cechą jest nagromadzenie różnych form „ekspresji online". W przeciwieństwie do komentarza jako gatunku prasowego nie zawsze mają one charakter perswazyjny, a zawierają wyłącznie opinię/emocję na dany temat (niekoniecznie pokrywające się z przedmiotem dyskusji). Nadawcy takich wypowiedzi nierzadko zauważają powiązanie między obiektem wartościowania (faktem jego istnienia) a domniemanym sprawcą zaistnienia tego obiektu (szeroko rozumianego, także jako zjawisko). W takich przypadkach można często mówić o myśleniu spiskowym, co – jak zauważono podczas prowadzonych analiz – charakteryzuje w szczególności nadawców komentarzy w mediach o charakterze prawicowym.
Celem artykułu jest prezentacja wyników badań nad językiem użytkowników Internetu – komentarzy czytelników internetowego wydania tygodnika „Gazeta Polska" w sytuacji zagrożenia epidemią koronawirusa. Artykuł pokazuje wycinek badań z przygotowywanej przeze mnie rozprawy doktorskiej nt. „Treści, intencje i sposoby wypowiadania się współczesnych Polaków w sytuacji zagrożenia – na przykładzie komentarzy internetowych na temat koronawirusa". Praca ma charakter interdyscyplinarny, umiejscowiony na pograniczu badań komunikacyjnych i językoznawczych, w szczególności z wykorzystaniem paradygmatu badawczego aksjolingwistyki.
Materiał badawczy obejmuje 2243 komentarze do 79 tekstów prasowych na temat koronawirusa, opublikowane na profilu „Gazety Polskiej" na portalu Facebook w okresie od pojawienia się koronawirusa w Chinach w grudniu 2019 roku do momentu agresji rosyjskiej na Ukrainę 24 lutego 2022r.
Pierwsza część analiz stanowi klasyfikację komentarzy pod względem prezentowanych opinii w kwestiach, takich jak: stosunek do koronawirusa pod względem jego istnienia (bądź nie) oraz stopnia zagrożenia, a także sposobu wyrażania tych opinii (wprost/nie wprost) wraz z oceną postępowania (bądź nie) osób u władzy w sytuacji zagrożenia epidemią.
Kolejna część to analiza aksjolingwistyczna, w której zaprezentowano sposób wartościowania koronawirusa i epidemii. Klasyfikacja typów wartości, środków i sposobów wartościowania pozwala na uporządkowanie badanych komentarzy pod względem tego, co, w jaki sposób i w jakich kategoriach oceniają internauci jako dobre lub złe.
Przyjęta metodologia umożliwia odnalezienie koincydencji, finalne podsumowanie i przedstawienie wniosków.
Słowa kluczowe: komentarz internetowy, wartościowanie, koronawirus w języku.

Wprowadzenie

Komentarz jako gatunek prasowy jest formą publicystyczną, wykorzystywaną w celach perswazyjnych. Najczęściej za jego pomocą autor prezentuje swoje stanowisko wobec bieżących zdarzeń dotyczących życia społecznego, politycznego czy gospodarczego, jednocześnie używając środków służących pobudzeniu odbiorcy do refleksji. Analiza wypowiedzi odbiorców tekstów prasowych na portalach internetowych - czytelników poszczególnych mediów – prowadzi do wniosku, że występuje znacząca różnica między komentarzem jako takim, a komentarzem tworzonym przez nadawców w mediach. Niekiedy zatracony zostaje perswazyjny cel wypowiedzi, jako że internauci komentujący dane treści często poprzez komentarz internetowy pragną jedynie wyrazić swoje emocje, przeżywany stan wewnętrzny.

Ich język cechuje potoczność, spontaniczność i silne nacechowanie emocjonalne [Laskowska E., 2016].

Często wskazywaną cechą komentarza internetowego jest anonimowość. Warto jednocześnie zauważyć, że współcześnie, za sprawą rozwoju mediów społecznościowych się to zmienia. Przykładem może być portal Facebook.com, na którym najczęściej znane jest imię i nazwisko nadawcy. Podanie danych w celu utworzenia konta jest obowiązkowe, a profile są weryfikowane, najczęściej poprzez adres mailowy. Mimo to, zaobserwować można również obecność tzw. „fake kont", na których nadawcy podają się za inne osoby. Można więc uznać, że cechą charakterystyczną komentarza internetowego jest częściowa anonimowość.

Kolejną cechą charakterystyczną dla komentarzy internetowych jest brak dbałości o język. Internauci nieczęsto dbają o poprawność gramatyczną, ortograficzną, składniową stylistyczną czy interpunkcyjną. Zdarza się, że powoduje to zakłócenia w odbiorze treści, ponieważ dla odbiorcy komunikat staje się niezrozumiały. W komentarzach internetowych nadawcy używają języka potocznego, niekiedy wulgarnego, a środki prozodyczne – naturalne elementy obecne podczas kontaktu „twarzą w twarz", jak mimika czy gesty – często zastępowane są przez znaki interpunkcyjne, specyficzny zapis (zwielokrotnienia, wielkie litery, celowe błędy wskazujące na szczególną intonację) czy emotikony lub emoji [por. Mikołajska M., 2020].

Co istotne, emocje wyrażane przez nadawców wypowiedzi internetowych najczęściej są negatywne [Laskowska E., 2016]. Podobne zjawisko zaobserwowano analizując materiał badawczy dotyczący języka współczesnych użytkowników Internetu w sytuacji zagrożenia.

Celem niniejszego artykułu jest prezentacja częściowych wyników badań z przygotowywanej przeze mnie rozprawy doktorskiej nt. „Treści, intencje i sposoby wypowiadania się współczesnych Polaków w sytuacji zagrożenia – na przykładzie komentarzy internetowych na temat koronawirusa". Przeprowadzone analizy pozwalają zaobserwować kierunek, w którym zmierza współcześnie komunikacja w Internecie.

Metodologia badań

Na potrzeby niniejszego artykułu przeanalizowałam 2243 komentarze do 79 tekstów prasowych na temat koronawirusa, opublikowane na profilu tygodnika o charakterze prawicowym „Gazeta Polska" na portalu Facebook w okresie od pojawienia się koronawirusa w Chinach w grudniu 2019 roku do momentu agresji rosyjskiej na Ukrainę 24 lutego 2022 r.

Badania przeprowadzone zostały metodą analizy dyskursu, wraz z elementami aksjolingwistyki, które w szczególny sposób zwracają uwagę na aspekt komunikacyjny języka. Jest to o tyle istotne, że to właśnie do porozumiewania się z drugim człowiekiem język wykorzystywany jest najczęściej. Człowiek jako istota społeczna jest nierozerwalnie związany z drugim i to właśnie poprzez język kształtuje relacje.

Pierwsza część analiz stanowi klasyfikację komentarzy pod względem prezentowanych opinii w kwestiach, takich jak: stosunek do koronawirusa pod względem jego istnienia (bądź nie) oraz stopnia zagrożenia, a także sposobu wyrażania tych opinii (wprost/nie wprost) wraz z oceną postępowania (bądź nie) osób u władzy w sytuacji zagrożenia epidemią.

Kolejna część to analiza aksjolingwistyczna, w której zaprezentowano sposób wartościowania koronawirusa i epidemii. Klasyfikacja typów wartości, środków i sposobów wartościowania pozwala na uporządkowanie badanych komentarzy pod względem tego, co, w jaki sposób i w jakich kategoriach oceniają internauci jako dobre lub złe.

Podstawowe pojęcia

Analiza dyskursu ma na celu badanie języka przy uwzględnieniu praktycznych doświadczeń ludzkich, poszukiwanie zależności w języku w wymiarze nie tylko teoretycznym, ale i praktycznym, na przykładach rzeczywistych, a nie hipotetycznych. Polega na badaniu

dyskursów w sposób kompleksowy, uwzględniający ścisły związek zachowań językowych, komunikacji i kontekstu społecznego. Dlatego też do wykonania KAD niezbędne jest jednoczesne usytuowania badanego dyskursu na tle kontekstu społecznego, kulturalnego, ekonomicznego, medialnego, w którym powstały badane teksty [Lisowska-Magdziarz M., 2006].

Za E. Laskowską przyjmuję, że dyskurs to ciąg zachowań językowych, powiązanych tematem, celem i sposobem ukształtowania wypowiedzi; temat, sposób i cel warunkują zaś i zarazem są warunkowane przez styl, gatunek tekstu oraz sytuację komunikacyjną [Laskowska E., 2010].

Badany przeze mnie dyskurs toczy się na profilu czasopisma „Gazeta Polska" na portalu społecznościowym Facebook, a jego tematem jest pandemia koronawirusa SARS-CoV-2. Analizowane komentarze internetowe stanowią reakcję na teksty prasowe dotyczące koronawirusa – w różnych kontekstach, tj. zdrowotnym, medialnym, politycznym, społecznym, religijnym, ekonomicznym, gospodarczym i in.. Należy bowiem zauważyć, że koronawirus wpłynął na wszystkie niemal dziedziny ludzkiego życia, rzeczywistości społecznej, toteż teksty prasowe, których dotyczą komentarze, odnoszą się do nich bezpośrednio.

Druga część analiz dotyczy warstwy aksjolingwistycznej. Dla komentarzy internetowych nieodłącznym elementem jest wartościowanie – obiektów, zdarzeń, zjawisk, to jest orzekanie o obiekcie, że jest dobry lub zły pod jakimś względem. Istnieją różne klasyfikacje typów wartości. Najszerzej pisze o nich E. Laskowska [Laskowska E., 1992], która wymienia jedenaście typów wartości, w tym: pragmatyczne, ekonomiczne, społeczne, odczuć, perfekcjonistyczne, hedonistyczne, witalne, estetyczne, poznawcze, sakralne oraz etyczne. Biorąc pod uwagę ww. wniosek o negatywnym nacechowaniu emocjonalnym treści komentarzy internetowych można przypuszczać, że zjawisko, jakim jest „zagrożenie" będzie te emocje potęgowało. Zakładam zatem, że skutki związane z epidemią w obrębie wymienionych typów wartości oceniane będą negatywnie. Podstawowa formuła realizująca sądy wartościujące jest następująca: „Autor uważa, że X jest dobry/zły pod względem kryterium W". W skrócie można ją wyrazić: A U: X jest D/Z W, gdzie A oznacza subiekta, U – akt sądzenia, D/Z to predykat wartościujący, obiekt oznaczony jest jako X, a W reprezentuje kryterium wartościowania [Laskowska E., 1992]. Do ustalenia środków, za pomocą których nadawcy wydają sąd wartościujący posłuży klasyfikacja z podziałem na środki leksykalno-frazeologiczne, gramatyczne (w tym fleksyjne, słowotwórcze, składniowe), konotacyjne, tekstowe [Benenowska I., 2015].

Wyniki badań

Pandemia koronawirusa SARS-CoV-2 rozpoczęła się w grudniu 2019 r. w mieście Wuhan, stolicy prowincji Hubei w środkowych Chinach. Pierwsze przypadki zapalenia płuc o nieznanej przyczynie po raz pierwszy zgłoszono do Biura Krajowego WHO 31 grudnia. 11 marca Światowa Organizacja Zdrowia scharakteryzowała COVID-19 jako pandemię. W Polsce pierwszy przypadek zarażenia koronawirusem potwierdzono 4 marca 2020 r. Władze krajów podjęły działania mające zminimalizować skutki transmisji koronawirusa SARS-CoV-2. Epidemia bowiem w znaczący sposób wpłynęła na liczne obszary życia społecznego, gospodarczego, kulturalnego. Dostęp do wielu instytucji (np. urzędów) został utrudniony. Podobnie było w przypadku przychodni, poradni psychologicznych, szkół, żłobków i in. Z funkcjonowania wyłączone zostały m.in. placówki gastronomiczne, kulturalne, galerie handlowe. Produkty spożywcze w początkowej fazie znikały z półek w szybkim tempie. Ceny środków higienicznych znacznie wzrosły. W wielu szpitalach brakowało sprzętu, środków ochrony osobistej. Codziennie potwierdzano kolejne przypadki zachorowań. O wszelkich trudnościach związanych z wybuchem epidemii dziennikarze informowali na bieżąco.

Prezentowane wyniki badań pokazują, w jaki sposób na to zagrożenie zareagowali internauci – czytelnicy internetowego wydania tygodnika „Gazeta Polska".

Podstawowe kategorie klasyfikujące koronawirusa jako zagrożenie to: koronawirus istnieje – koronawirus nie istnieje. Na tym samym poziomie wyodrębniona została osobną kategoria – komentarze, które mówią w jakiś sposób o koronawirusie, ale nadawca nie stwierdza ani wprost, ani poprzez implikację czy daje wiarę jego obecności. Z tego poziomu można też stwierdzić, że w początkowej fazie – do momentu pojawienia się koronawirusa w Polsce – większość osób komentujących uznawała istnienie koronawirusa i traktowała jako zagrożenie, a na portalach o profilu prawicowym pojawiało się najwięcej komentarzy uznających wirus za broń biologiczną lub karę sił wyższych (Bóg, karma…). Pojawiało się też tutaj najwięcej teorii spiskowych.

Podkategorie w ścisły sposób nawiązują do kategorii. Jeśli ktoś uznaje, że koronawirus istnieje – to warto odpowiedzieć też na pytanie: czy jest groźny? Jak nadawca odnosi się do metod walki z zagrożeniem bezpośrednim, tj. zdrowotnym (pozytywnie/negatywnie), a także do walki ze społecznymi skutkami pandemii. Czy te opinie są wyrażane wprost, czy też implikowane.

Jeśli ktoś uznaje, że koronawirus nie istnieje, adekwatnym wydaje się pytanie: „w jakim celu udostępnia się publicznie informacje nt. koronawirusa – dla korzyści materialnych, medialnych, politycznych, in. Zakładam, że jeśli ktoś uznaje, że koronawirus jest i stanowi realne zagrożenie, nie będzie dopatrywał się korzyści w przestrzeganiu i informowaniu na temat tego zagrożenia.

Spośród przeanalizowanego materiału badawczego wyodrębniono 444 komentarze zgodne z tematem przewodnim dyskursu, a więc takich, które – wprost lub nie wprost – odnoszą się do koronawirusa, opublikowanych na fanpage'u „Gazety Polskiej" od 3 lutego 2020 roku do 22 lutego 2022 roku. Stanowi to 27 proc. ogólnej liczby komentarzy.

W analizowanym materiale wystąpiło 289 wypowiedzi, w których nadawcy uznają istnienie koronawirusa. W 251 komentarzach nadawcy uznają, że koronawirus stanowi zagrożenie. Warto zwrócić uwagę na to, że nadawcy najczęściej nie mówią o swoich obawach wprost. 151 komentarzy to opinie wyrażone za pomocą implikatur. 64 opinie wyrażone zostały wprost, a 188 poprzez sugestię. Rozbieżność w liczbach wynika stąd, że w jednym z komentarzy[1] pojawia się informacja, że koronawirus jednocześnie jest i nie jest groźny – nadawca bowiem uznaje SARS-CiV-2 za zagrożenie wyłącznie dla „grupy obcej", tj. Azjatów:

(1.) *Moze niech w końcu będą informacje jakiej nacji sa zakażeni. Zakażeni to rożnej maści Chińczycy mający podwójne obywatelstwo.Po obserwacji widać ze wirus jest zabójczy dla genotypu azjatyckiego co świadczy o tym ze pochodzi z laboratorium i ma za cel depopulacje genomu azjatyckiego z racji zachwiania równowagi. Nieważne jakby to brzmiało zachodzi prawdopodobieństwo ze tak własnie jest.Inne nacje co najwyżej mogą przechodzić wirusowa jak wszystkie wirusy czyli ze można go mieć ale genom i układ odpornościowy poradzi sobie z nim.*

31 komentujących wyraziło opinię, że koronawirus nie jest groźny lub nie stanowi większego zagrożenia niż inne czynniki, głównie chorobotwórcze. 15 opinii wyrażonych zostało wprost, 16 – poprzez implikację. 78 internautów nie określiło swojego stosunku wobec koronawirusa w kontekście stopnia zagrożenia.

W 67 komentarzach nadawcy negują istnienie koronawirusa. Negatywnie oceniono istnienie dyskursu na temat SARS-CoV-2, a za przyczynę uznano przekonanie, iż pewne jednostki/grupy chcą osiągnąć korzyści: a) materialne: 9 komentarzy, b) polityczne: 5

[1] Zachowana pisownia oryginalna.

komentarzy, c) medialne: 3 komentarze. Obecności domniemanych korzyści religijnych lub innych nie zaobserwowano. 50 osób wyraziło przekonanie o istnieniu teorii spiskowej, która kryje się za dyskursem na temat koronawirusa. 16 komentarzy nie zawiera informacji o stosunku nadawcy do koronawirusa – także w kontekście jego istnienia.

Nadawcy w swoich komentarzach ocenili także działania władz w obliczu epidemii koronawirusa SARS-CoV-2. Przygotowanie pod względem ochrony zdrowia pozytywnie oceniono w 22 komentarzach, negatywnie zaś w 80.

Komentujący ocenili też to, jak władze radzą sobie w obliczu skutków koronawirusa innych niż zdrowotne – tj. gospodarcze, społeczne itd. Opublikowane zostały 54 opinie pozytywne, a także 70 negatywnych.

Co interesujące, negatywne komentarze pod względem polityków znacznie częściej wyrażano wprost niż poprzez sugestię w porównaniu do oceny stopnia zagrożenia. Wynika z tego, że dużo łatwiej przychodzi nadawcom wyrażanie wprost emocji, takich jak złość, niezadowolenie, niż uczuć strachu, obawy, niepewności.

W ramach badań nad warstwą aksjolingwistyczną wyodrębnionych zostało 258 komentarzy, w których pojawia się wartościowanie przedmiotu dyskusji, tj. koronawirusa, Covid-19 i pandemii jako takiej. Nadawcy wykorzystują ku temu różnorodne środki językowe. Wśród nich zdecydowanie dominują środki leksykalno-frazeologiczne, w tym rzeczownikowe nazwy obiektów, realizujące formułę: X jest D-icielem/Z-icielem W.

(2.) *Wymieńcie choć jeden sukces wicepremiera ds. bezpieczeństwa. Bo przy atakach na kościoły i pandemii - klapa.*

W powyższym przykładzie sposób radzenia sobie z pandemią jest oceniany jako klapa, a „klapa" – to według Uniwersalnego Słownika Języka Polskiego: *pot. <<niepowodzenie, niepomyślne zakończenie jakichś planów, zamierzeń, interesów; fiasko, bankructwo>>*. Nadawca wartościuje więc czyjeś działania jako negatywne pod względem wartości pragmatycznych:

A U: X (klapa) jest Z-icielem Wpragm.

Pandemia wartościowana jest tu jako zjawisko, z którym należy „sobie poradzić". Nadawca w treści komentarza odnosi się do bezpieczeństwa, z czego wynika, że wyrażony sąd prawdopodobnie odnosi się do wartości witalnych. Zatem:

A U: X (pandemia) jest Z-icielem Wwit.

W komentarzach pojawiają się sądy wartościujące pandemię negatywnie – jako zagrożenie, ale obawa przed nim jest pomniejszona poprzez stopniowanie [X nie jest aż tak Z, jak Y, gdzie Y oznacza najczęściej obiekt innej kategorii – w tym przypadku – działania polityczne i/lub społeczne].

(3). *Nie będzie bo gorsza zaraza od Covida to lewactwo które być może jest odpowiedzialne za Covida bo Chiny to komuna. Co się dzieje w Zjednoczone prawicy przecież lewica tylko czeka na przejęcie władzy czy Ziobro i Gowin tego nie widzą. Do tego walka bezwzględna masoneri unijnej z polskim Kościołem. Dlaczego oskarża się biskupów Glodzia i Janiaka za czyny niezawinione, dlaczego polskie sądy wydają wyroki uniewinniające SB - esbeków i nakazujące im zwrot pieniędzy za obniżone emerytury bo oni zekomo nie uczestniczyli bezpośrednio w zbrodniach komunizmu a księży biskupów oskarża się i wyciąga konsekwencje za czyny innych księży co to jest za prawo do czego myśmy doszli.*

Interesujący nas środek wartościujący to przede wszystkim wyrażona jest rzeczownikową formą nazwą obiektu nieosobowego: „zaraza”, który realizuje formułę:

X (zaraza w zn. Covid-19) jest Z-icielem Wwit.

W kolejnym przykładzie nagromadzono środki wartościujące leksykalno-frazeologiczne. Obecny jest tu typ wartości pragmatycznych:

(4.) *"Mleko się rozlało", nie wyłapane do zera w czasie wakacji przypadki, czyli utrzymywanie wirusa przy "życiu" + sezon jesienno-grypowy + brak cierpliwości Polaków + "wypuszczenie" idealnych bezobjawowych roznosilcieli do szkół = Lombardia bis*

Nadawca użył związku frazeologicznego *Mleko się rozlało*, oznaczającego, że na pewne działania (w tym przypadku: przeciwdziałanie epidemii) jest już za późno, więc sąd wartościujący zamyka się w formule:

X (to, że mleko się rozlało) jest Z Wpragm.

Oprócz tego pojawia się wartościowanie leksykalne wyrażone za pomocą rzeczownika *roznosiciel*, co daje podstawy do zrekonstruowania sądu wartościującego w formule:

X (roznosiciel) jest Z-icielem Wwit.

W przeanalizowanym materiale zauważono również elementy, które zaklasyfikować można do grupy wartości w obrębie wartościowania gramatycznego. Na szczególną uwagę zasługują nowo powstałe złożenia (neologizmy), które konotują określone emocje, np.

(5.) *SKOŃCZYĆ wreszcie tą SRAndemię!!!!!!➤ twitter.com/MATKA_KURKA*

Nadawca ujawnia tutaj negatywne emocje wobec kampanii informacyjnej nt. koronawirusa. Używa nowo powstałego złożenia: „SRAndemia”, pierwszą sylabę słowa „pandemia” zastępując formą pochodzącą od wulg. czasownika „srać”, co pokazuje lekceważący stosunek nadawcy wypowiedzi (i subiekta zarazem) wobec omawianego zjawiska. Jest to swego rodzaju gra językowa. Sąd wartościujący można przedstawić za pomocą formuły:

A U: X jest Z W odcz.

Ponadto można wywnioskować, że subiekt ma przekonanie, iż pandemia nie istnieje, więc deszyfracja sądu wartościującego zamykałaby się w formule:

A czyni X (uważa, że pandemia nie istnieje) i jest to D Wpozn.

W przytoczonym komentarzu obecny jest typ wartości poznawczych. Nadawca publikuje odnośnik przenoszący do profilu prowadzonego przez Piotra Wielguckiego, występującego pod ps. „Matka Kurka”, który w swoich mediach społecznościowych publikował informacje mające na celu przekonać odbiorców, że pandemia nie istnieje. Powołuje się więc na określone źródło informacji, wykorzystując technikę autorytetu.

W swoich opiniach nadawcy komunikatów nierzadko posługują się ironią (6) czy pytaniem retorycznym (7).

(6.) *może tak kolejne marsze anty-covid zorganizujcie, to na pewno pomoże i niech frekwencja będzie po 100 000 najlepiej*

W powyższym przykładzie nadawca używa ironii dla wyrażenia negatywnego stosunku wobec osób, które nie przestrzegają zaleceń dotyczących gromadzenia się. Sąd realizowany jest za pomocą formuły:

Uważam, że X (organizowanie marszy antycovidowych jest czynnikiem wysoce zwiększającym ryzyko transmisji koronawirusa) i jest to Z Wwit.

(7.) *Testy PCR są trefne, co widać po Szumowskim (raz zakażony, potem zdrowy, teraz zakażony itd). Zmarło na kowid 11 osób (reszta to ciężko chorzy, którym kowid wymazują dodatnim testem przed śmiercią na raka itd.) Skąd ta panika? Statystycznie umiera codziennie ok. 1200 osób i nikt nie ogłaszał "pandemii-alarmu" na drodze, na raka, na serce itd.*

W tym przypadku nadawca nie uważa, że koronawirus jest zagrożeniem większym niż inne choroby. Nie twierdzi, że koronawirus nie istnieje, ale nie daje wiary statystykom prezentowanym przez najważniejsze osoby w państwie. Istotne znaczenie ma tu zatem stopniowanie zagrożenia:

Wiedz/uważam, że X (covid nie jest większym zagrożeniem niż wypadki na drodze, rak, zawał serca), co świadczy o tym, że X jest (w takim samym stopniu Z Wwit.

Negatywnie wartościuje się szum medialny i polityczny wokół epidemii, stawiając pytanie retoryczne: „Skąd ta panika?”. Formuła może być następująca:

Uważam, że X (panika jest niepotrzebna, bo pandemia nie stanowi dużego zagrożenia) i jest to D W pozn.

Wśród wymienionych typów wartości nadawcy wskazywali te odnoszące się do aspektów witalnych (które stanowiły najczęściej wymienianą wartość), a także ekonomicznych, społecznych, a także odczuć, co wiąże się z dziedzinami życia, które – według nadawców – w szczególny sposób ucierpiały w wyniku pandemii koronawirusa, np.:

(8.) *Co najbardziej szokujące, że medycy zafundowali taki "prezent" medykom. Chyba nikt nie kwestionuje, że najbardziej zagrożoną grupą covidem są właśnie lekarze, pielęgniarki czy salowe. Wydawało się, że właśnie medycy, szczególnie ci najbardziej wykształceni powinni to najlepiej rozumieć. Okazuje się jednak, że niekoniecznie. Zobowiązania sitwowe czy towarzyskie okazują się ważniejsze. Często lekarze narzekają, że spotykają się z atakami, że ich ciężka praca jest niedoceniana przez innych. Ale, te skandaliczne przypadki dowodzą, że chyba ich problemy są także wewnątrz-środowiskowe. Zatem, najpierw powinni zacząć porządkowanie od własnego grona. Środowisko lekarskie jest wewnętrznie skłócone, trwa spór między lekarzami a pielęgniarkami, itd. A cierpią przede wszystkim pacjenci. No i wychodzą takie skandale.*

Rzeczownik „prezent” ma konotacje pozytywne. Tutaj jednak następuje zmiana kierunku wartościowania, ponieważ rzeczownik został użyty ironicznie, czego oznaką jest cudzysłów. Tak rozumiany „prezent” oznacza coś przykrego, bowiem nadawca tak właśnie rozumie zaszczepienie celebrytów przed osobami, które pracują na co dzień z pacjentami zarażonymi SARS-CoV-2.

Wiedz, że X („prezent”) i to jest Z Wwit., et., odcz.

Na negatywne emocje związane z takim działaniem wskazuje też użycie określenia „skandaliczne”, „skandal”, co wyraża sąd w formule:

X (covid) jest Z-icielem Wwit.

W kolejnym przykładzie nadawca nie odnosi się do kwestii zdrowotnych:

(9.) *Obiektywnie? To Polska i tak nadspodziewanie dobrze poradziła sobie ze skutkami pandemii. Przede wszystkim zadziałała tarcza antykryzysowa i uratowała miliony miejsc pracy.*

Sformułowanie „dobrze poradzić sobie ze skutkami pandemii” świadczy o zasadności podjęcia działań związanych z walką z epidemią, a zatem nadawca uznaje istnienie epidemii i uważa ją za zagrożenie pod jakimś względem, ale w dalszej części wypowiedzi mówi o „uratowanych miejscach pracy”, co wskazuje, że wartości ekonomiczne i społeczne są dla niego istotne (istotniejsze?):

X (to, że poradzono sobie dobrze) jest D W ekonom., społ.

Wartości etyczne pojawiają się przede wszystkim w kontekście opinii o istnieniu teorii spiskowej, wg której określona grupa/grupy mają jakiś cel w rozpowszechnianiu informacji, że koronawirus istnieje.

(10.) *Za covid trzeba płacić tyle samo, co za pozostałe choroby. Szpitale i lekarze "wyłudzają" pieniądze z NFZ, na potęgę oznaczając pacjenta jako covidowego. Znacznie więcej kasy jest, oto źródło "rekordów"*

Tutaj widoczne jest myślenie spiskowe. Według nadawcy koronawirus stał się dla pewnych grup osób sposobem na nieuczciwe zarabianie pieniędzy (*płacić, wyłudzać, kasa*).

B (lekarze) czynią X (bogacą się na koronawirusie) i to jest Z Wet.

Sam koronawirus oceniany jest negatywnie pod względem wartości witalnych („tyle, co za pozostałe choroby”, a więc covid = choroba).

X (Covid-19) jest Z-icielem Wwit.

Inny przykład:

(12). *Niektórzy wieszczą, że za chwilę wprowadzą zakaz rozmów w miejscach publicznych. Jesteś dureń wierząc w propagandę. Dam Ci radę pewnego mądrego człowieka "Patrz na fakty i wyciągaj wnioski" jak potrafisz…*

Tutaj nadawca używa negatywnie nacechowanego określenia „propaganda” w kontekście epidemii. Według niego ktoś ma jakiś cel w podtrzymywaniu przekazów o istnieniu pandemii – prawdopodobnie obawia się, że pewne grupy osób chcą sprawować maksymalną kontrolę nad społeczeństwem. Użyte środki wartościujące eksplikują następujące formuły sądów:

X (dureń) jest Z-icielem Wpozn.
X (propaganda) jest Z-icielem Wpozn., społ.
B (ktoś) czyni X (wmawia ludziom, że epidemia istnieje), które jest Z W pozn., społ. et.

Inną cechą komentarzy jest liczne występowanie w nich elementów światopoglądowych. Pojawia się różnicowanie grup o odmiennych poglądach politycznych.

(13.) *nie leczyc tych mordercow z lewicy po psl ulicznice niech zdychajo pod plotami to oni sa wini tyle zachorowan i zgonow to sa mordercy barbarzyncy bekarty stalinowsko hitlerwskie mozemy my jako narod zro ic porzadek w polsce z to bando mordercow bekatow po pzpr lewica psl ulicznice za to wszystko odpowiadajo te mordercy bekarty stalinowsko hitlerwskie ratujmy tylko polski narod corki synow zemir pis uratowal polskie narod przed calkowito graberzo przez tych bekartow po pzpr psl ulicznice inydzy nyma i nie bydzie jezli ktos tego nie rozumie to jest talki,m samym bekartem jak oni wyobrazcie sobie jak oni by wszystko znoisdzczyli rpzkradli wyprzedali co dzis by bylo umierali by polacy pod plotami po p[zpr lewica psl ulicznice speckasta to potfory*

W tym przykładzie nadawca ujawnia silne negatywne emocje wobec osób o lewicowych poglądach. To im przypisuje zachowania związane z nieprzestrzeganiem obostrzeń w czasie pandemii. Używa licznych deprecjonujących określeń (*mordercy*, *barbarzyńcy*, *stalinowsko-hitlerowski*), inwektyw (*ulicznice*, *bękarty*), a wręcz życzy im śmierci z powodu Covid-19 (*niech zdychają*). Grupa ludzi o lewicowych poglądach zostaje odczłowieczona („zdychać” zwykło się odnosić do zwierząt), a koronawirus jest traktowany jednocześnie jako zagrożenie dla grupy X, ale szansa na ratunek przed grupą o przeciwnych poglądach. Środki wartościujące użyte przez nadawcę motywują następujące formuły sądów:

X (morderca, barbarzyńca,…) jest Z-icielem Wwit., et., odcz.
B (koronawirus) czyni X (sprawia, że ludzie o lewicowych poglądów będą zdychać) i to jest D Wet.
X (choroba – Covid-19) jest Z-icielem Wwit.

Warto przy tym wszystkim zwrócić uwagę na kierunek toczącego się między nimi dialogu. W kontekście pandemii można stwierdzić, na podstawie zebranych dotychczas danych, że osoby popierające partię prawicową, a jednocześnie uznające istnienie koronawirusa i idące za nim zagrożenie, będą obwiniały o nieprzestrzeganie zaleceń sanitarnych – a, co za tym idzie, rozprzestrzenianie się SARS-CoV-2 – osoby o poglądach lewicowych. Jednocześnie osoby o silnych poglądach prawicowych, które uważają, że pandemia w dowolnym kontekście stanowi spisek, będą uznawały, że to właśnie osoby o lewicowych poglądach pozbawione są zdolności logicznego myślenia, ponieważ uważają, że koronawirus stanowi zagrożenie. I odwrotnie – osoby o silnie lewicowych poglądach szukają różnic jedynie między swoją grupą a obcą („my”, czyli popierający opozycję vs. „oni”, czyli zwolennicy partii prawicowej). Co ciekawe, członkowie tych grup zdają się nie zauważać rozbieżności myślenia wewnątrz reprezentowanej przez siebie społeczności.

Znaczna liczba komentarzy nie dotyczy bezpośrednio koronawirusa. Spośród nich większość stanowi swego rodzaju wojnę światopoglądową między zwolennikami partii rządzącej a opozycji. Obszar ten wymaga przeprowadzenia dodatkowych badań analitycznych.

Wnioski

Język współczesnych użytkowników Internetu w sytuacji zagrożenia pandemią koronawirusa można określić mianem „języka emocji". Media społecznościowe stały się platformą do wymiany poglądów – przede wszystkim politycznych, o czym świadczy duże nagromadzenie komentarzy niezwiązanych z przewodnim tematem dyskursu (w tym przypadku z pandemią koronawirusa). Na podstawie przeprowadzonych analiz można wysunąć jeszcze inny wniosek. Mianowicie: pandemia koronawirusa zawsze (lub prawie zawsze) będzie uznawana za zagrożenie – jeśli nie pod względem zdrowotnym czy skutkującym negatywnymi konsekwencjami dla gospodarki czy społeczeństwa, to dla wartości poznawczych. Osoby nieuznające istnienia koronawirusa wyrażają bowiem negatywne emocje wobec osób/grup osób, które w jakiś sposób próbują wprowadzić społeczeństwo w błąd dla określonych korzyści.

Bezsprzecznie grupy te nie uznają autorytetów w postaci lekarzy, badaczy czy osób dzierżących władzę lub na innych na wysokich stanowiskach, uznając jedynie dowody potwierdzające ich myślenie życzeniowe i przyjmując je za prawdę.

Istotny dla przeprowadzonych badań może być również wniosek dotyczący sposobu mówienia o swoich emocjach. Jak zauważono, nadawcy znacznie chętniej piszą wprost o emocjach związanych z gniewem, agresją, niezadowoleniem niż tych dotyczących obaw przed zagrożeniem. Analizując komentarze, w których nagromadzone jest słownictwo często wulgarne, w tym liczne inwektywy (tak wobec rządzących i opozycji, jak też innych uczestników dyskursu), można zauważyć, że język Internetu staje się pozbawiony wszelkich zasad decorum czy szacunku wobec interlokutora.

Zjawisko niosące za sobą zagrożenie oceniane jest przez nadawców komentarzy internetowych jako negatywne. Z przeprowadzonych dotychczas analiz wynika, że nie występują w nich wartości inne niż witalne, ekonomiczne, społeczne, poznawcze, etyczne, odczuć i –sporadycznie - pragmatyczne. Pokrywa się to z zauważanymi i przewidywanymi przez nadawców skutkami pandemii (zachorowania i zgody, upadek małych przedsiębiorstw, utrata miejsc pracy, ograniczenie swobód obywatelskich, zagrożenie dezinformacją, nieufność wobec osób, które mogłyby wykorzystać pandemię do wzbogacenia się lub osiągnięcia innych niż materialne korzyści).

Przeprowadzone analizy pozwalają zauważyć pewną tendencję, polegającą na zwiększonej aktywności internautów pod względem zamieszczania komentarzy zawierających krytyczną ocenę działań podejmowanych przez ludzi u władzy, których zadaniem jest przeciwdziałanie zagrożeniu. W mediach o prawicowej linii programowej działania te oceniane są raczej pozytywnie, choć różnica między oceną pozytywną a negatywną nie jest znacząca – odwrotnie niż w przypadku mediów uznanych za neutralne pod względem politycznym. W ramach szerszych badań związanych w przygotowaniem rozprawy doktorskiej nt. „Sposoby wypowiadania się współczesnych Polaków w sytuacji zagrożenia – na przykładzie komentarzy interntowych nt. koronawirusa" zauważono, że w latach 2020-2021 na platformie „Expressu Bydgoskiego" pojawiło się zaledwie kilka komentarzy oceniających postępowanie władz w kontekście walki z epidemią jako pozytywne, co pokazuje jak duże znaczenie dla kierunku oceny ma przynależność do danej społeczności, reprezentujące podobne bądź odmienne poglądy.

Bibliografia

Benenowska I. (2015), *Wartościowanie w listach Marii Pawlikowskiej-Jasnorzewskiej* Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego.

Laskowska E., *Kilka uwag o wartościowaniu w komentarzach internetowych*, „Acta Universitatis Lodziensis Folia Litteraria Polonica", T. 32 (2016), nr 2, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.

Laskowska E, *Style dyskursu publicznego* (2010), [w:] „Style dyskursu publicznego" (red. Bogołębska B., Worsowicz M.), Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.

Laskowska E., *Wartościowanie w języku potocznym* (1992), Wydawnictwo Wyższej Szkoły Pedagogicznej.

Lisowska-Magdziarz M. (2016), *Analiza tekstu w dyskursie medialnym*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Mikołajska M., *Koronawirus w sieci. Jak Polacy mówią o współczesnych zagrożeniach. Na przykładzie komentarzy zamieszczanych w serwisie „Expressu „Bydgoskiego"*, [w:] „Poszerzamy Horyzonty" (2020), T. XIX, cz. 1, Wydawnictwo Mateusz Weiland Network Solution.

POVERTY AS A THREAT TO ECONOMIC SECURITY

Moroz S. V.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The article is devoted to the problem of poverty and the analysis of its impact on the country's economic security. The essence of the poverty category has been revealed, its characteristics have been given such as: the limit, level and depth of poverty. The criteria of poverty for Ukraine, the causes of its occurrence in both the economic and social aspect have been defined. It has been studied that poverty has become a chronic phenomenon for Ukraine, which determines the way of life of the majority of the population. According to indicators such as the average monthly salary and gross domestic product per capita, Ukraine is the poorest country in Europe.
The consequences of the impact of poverty, primarily on macroeconomic aspects, have been analyzed, and their impact on the economic security of the state has been clarified. It can be stated that as a result of poverty:

- the formation of a low level of wages within the country, which, compared to neighboring countries, encourages citizens of Ukraine to migrate to other countries;
- encourages a reduction in the volume of consumption of goods and services, which, in turn, reduces the volume of aggregate demand within the country and limits its opportunities for growth;
- leads to a decrease in the level of household savings, which leads to a decrease in potential investment resources within the national economy;
- causes the gross domestic product to freeze at a low level, limiting the sources of its further growth.

It has been concluded that as long as the population of Ukraine is poorer than its neighbors, there will be a threat to its sovereignty and territorial integrity. Thus, in terms of GDP per capita, Ukraine is three times behind its nearest neighbors, and 5-7 times behind developed countries.
It has been substantiated that the elimination of poverty and provision of socio-economic security is a guarantee of the country's independence, a condition for stable and effective life activities of society. Therefore, ensuring social and economic security is one of the most important national priorities. It should be ensured primarily by the efficiency of production, which is based on high labor productivity, and the production of products with a high content of added value.
To overcome poverty in Ukraine, economic growth of GDP of 7% is necessary for at least 20 years. It is possible due to investments, stimulation of aggregate demand, and export of goods with a significant share of added value.
Keywords: poverty, absolute poverty, living wage, actual living wage, economic security.

Formulation of the problem. A characteristic feature of modern Ukrainian society is the significant inequality of the population's incomes, which has significantly increased in recent years under the influence of the war. The complex socio-political situation in the country and the transformational processes that covered all spheres of social life led to the aggravation of a number of social problems. There is a high level of unemployment, a drop in the real income of the population, a decrease in its purchasing power, a large-scale emigration of the population abroad, and the problems of poverty and inequality that are worsening. Therefore, issues of national security are extremely relevant in general, in the economic and social aspect of security in particular. This is due primarily to the significant impact of the war on the economic condition and development of society. It was the war that caused the most powerful crisis in the labor market. Ukrainians either lost their jobs or receive incomplete wages, the incomes of Ukrainian households decreased significantly, and these reasons led to the emergence of the problem of poverty.

For the existence of Ukraine as a state in conditions of war, socio-economic security is an extremely urgent problem. As a result of the economic recession we can observe a property

stratification of society. The share of the population living below the poverty line is increasing. There is an increase in the level of unemployment. There is a decrease in the birth rate and average life expectancy. The demographic and social structure of society is being deformed.

The worst thing is that poverty and inequality in Ukraine are transformed into a low level of development of human capabilities and human potential, and this, in turn, reproduces poverty and socio-economic inequality. This creates a cycle of poverty that is extremely difficult to break.

Poverty in the country becomes a problem of self-preservation of the state, its economic and social development. These facts cause exceptional attention to the problem of economic security of Ukraine, which includes problems of sustainability and stability of the national economy, its ability to self-development and progress with social priorities and national interests.

Analysis of recent research and publications. The problems of the spread of poverty, the search for ways to reduce it and overcome it have been studied and will continue to arouse lively interest in both the domestic and the world scientific community due to their relevance and the impossibility of an absolute solution in the near future. Among domestic scientists who studied these issues, it is worth noting V. P. Antonyuk, L. M. Cherenko I. F. Hnibidenko, A. M. Kolota, E. M. Libanov, V. O. Mandyburu, O. F. Novikov, G. D. Tarasenko and others. However, in our opinion, the existing scientific works do not sufficiently cover the aspects of the impact of the factor of poverty and inequality on the sustainable social development and economic security of the state, and the economic prerequisites for overcoming poverty in Ukraine are also analyzed in a rather limited way.

The purpose of the article is to investigate the essence and causes of poverty, to determine the consequences of poverty and to find out their impact on the economic security of Ukraine in the conditions of war.

Research results. Poverty inevitably leads to inequality in people's life opportunities and development opportunities in particular. Large differences in life opportunities, which are based on wealth, are inherently unfair and negatively affect the development of a person and the country as a whole. In the modern world, the most important circumstances that determine a person's ability to live a healthy and productive life are, firstly, the country in which he / she was born, and, secondly, the socio-economic status of his / her family.

At the beginning of the 20th century, differences between countries were relatively insignificant, but at the end of the 20th century, they became the main determinant of aggregate inequality. If in the world as a whole during the last 20 years there has been a slight improvement in the field of income distribution, then upon a more detailed analysis the situation does not look so positive. First, the reduction of the aggregate level of inequality in the world took place to a large extent thanks to the rapid economic growth of China and India. Moreover, in these countries, the decrease in the number of the population living in absolute poverty occurred due to a decrease in the income of representatives of the middle class. Secondly, the gap in income levels between rich and poor countries has increased in recent decades, and the share of income received by the richest 10% of the world's population has increased from 51.6 to 53.4% [1].

Within the country, the problem of inequality in the conditions of human development exists between the rich and poor strata of the population. The interdependence and permanence of inequality leads to the fact that some groups of the population invariably have fewer opportunities: economic, social and political than their compatriots.

In the format of the concept of human development, poverty is considered as a multifaceted phenomenon, the essence of which is characterized not only by low incomes of the population, but also by a number of other factors. The development of the individual

consists in obtaining opportunities to lead a healthy, dignified, creative and quality life, then poverty is the absence of such opportunities and freedom of choice.

Economic theory defines poverty as the inability to maintain a lifestyle inherent in a specific society in a specific period of time [2, p. 73].

The main indicators of the scale of poverty include the border, level and depth of poverty. The poverty line is the average income level per family member, below which it is impossible to meet basic needs, or it is a share of the subsistence minimum per person per month [3, p.44]. This limit defines the families that belong to the category of poor.

The most controversial in the theory of poverty is the division into absolute and relative poverty. Absolute poverty is determined by comparing the total income of a person or family with the total value of the consumer basket, which reflects basic needs in society [3, p.45]. People whose income is less than basic needs live in absolute poverty. However, in developed countries, where almost no one experiences problems with nutrition, the 'absolute poverty' criterion does not work. Then the concept of 'relative poverty' appears. Relative poverty depends on the level of development of a specific country [3, p. 45]. That is, relative if to speak about some peculiar country. Presumably, the 'relative poor' are people who receive a monthly income of half of the average income level accepted in society [4, p.306].

Modern economic theory distinguishes not only absolute and relative, but also objective and subjective poverty. Objective poverty is defined according to the income criteria accepted in the country and the possibility of achieving material and spiritual benefits. The World Bank divides countries by income level. For the poorest countries, it sets a level of about 2 dollars a day. If a person spends less than this amount, he / she is very poor. For countries with below-average wealth, this figure is about $3. For more developed countries - about 5.5 dollars per person per day. Ukraine belongs to the category of countries where a person who lives on less than 5.5 dollars a day (about 210 hryvnias) is considered to be poor.

Poverty according to the standards of each specific country exists in all states and does not significantly depend on the general level of well-being of the population.

In Ukraine, when assessing the level of poverty, the subsistence minimum is used. The subsistence minimum is a value that reflects the minimum set of food products, non-food products and services that are necessary to satisfy the basic social and cultural needs of a person [5].

The basis of the calculation of the subsistence minimum is the value of the consumer basket. Determining the value of the subsistence minimum has always been debatable, from the point of view of its discrepancy with the real value of the consumer basket. The size of the cost of living in Ukraine is established by law (table 1).

Table 1 - Cost of living in Ukraine for 2022-2024*

Social and demographic groups of the population	The size of the subsistence minimum in 2022		The size of the subsistence minimum in 2023		The size of the subsistence minimum, according to the State Budget for 2024	
	UAH	USD	UAH	USD	UAH	USD
Children under 6 years of age	2100	57,4	2272	63,1	2563	66,8
Children aged 6 to 18 years	2618	71,6	2833	78,7	3196	83,3
Able-bodied persons	2481	67,9	2684	74,5	3028	78,9
Persons who have lost working capacity	1934	52,9	2093	58,1	2361	61,5

*Calculated on the basis of sources: [5, 6]

The problem lies not only in the fact that the cost of living does not correspond to a decent standard of living, but also in the fact that most social standards and guarantees are calculated on its basis, which are an indicator of high-quality and effective state social policy, which should be the strategic goal of any civilized state.

The ineffectiveness of the institution of the subsistence minimum in this form leads to another approach to assessing the level of poverty using the actual subsistence minimum.

The actual subsistence minimum is the value of the subsistence minimum, calculated in consumer prices for the relevant month [5]. It is calculated by the Ministry of Social Policy of Ukraine, according to the method of calculating the consumer basket.

The dynamics of the actual and legally established subsistence minimum is shown in Figure 1.

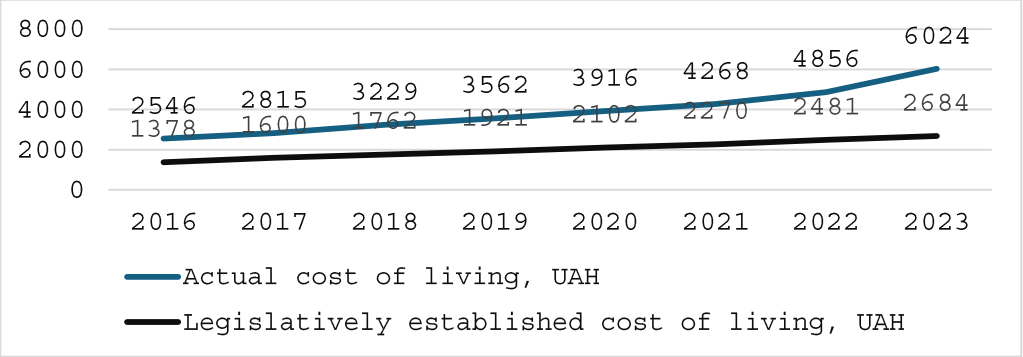


*Figure 1 – Dynamics of changes in the actual and legally established living standards for able-bodied individuals in the period 2016-2023**

**Formed on the basis of source [5].*

The legally established cost of living grows moderately and regulated, depending on the budget's financial capabilities. At the same time, the actual cost of living changes only due to changes in the value of the consumer basket.

According to Figure 1, the indicators of the actual and legally established subsistence minimum have a tendency to constantly move away, that is, the difference between them is constantly growing, so in 2021 it was UAH 1,998, in 2022 it was UAH 2,375, and in 2023 it was already UAH 3,340. The main reasons for this discrepancy include:

– the consumer basket is not revised every 5 years, as required by law;

- the nutritional standards are significantly lower than those recommended by WHO;

- a carbohydrate model of nutrition is used, as opposed to a protein-vitamin model, which is common among economically developed countries.

Poverty in Ukraine and poverty in the countries of Central Europe are two different kinds of poverty. Thus, for the countries of Central Europe, poverty is determined by the criterion of 17 US dollars per day or the absence of three of the following items: lack of a mobile phone; color TV; washing machine; car; inability to maintain the proper temperature in the home; failure to pay annual leave for a week away from home; to be able to afford unexpected but necessary expenses; there is enough money to pay rent (mortgage) and utility payments.

In Ukraine, during the war, such vulnerable sections of the population, which in developed countries are the basis of the middle class and the driving force of innovative development, fell into the category of the poor. Many representatives of the country's former middle class have fallen into the category of the poor as a result of job cuts, low wages and debt, low pension provision. This also included employees of prestigious professions: teaching staff of universities, professional doctors, scientists, teachers. Let's agree with E. Libanova's

opinion that there is poverty of the ‘strong’ and the ‘weak. The poverty of the ‘weak’ is the poverty of disabled or partially disabled individuals, individuals with special needs. Such poverty has a social color, it is due to the demographic characteristics of certain categories of the population [2, p. 77].

People who are considered poor in the countries of the European Union, those who receive state support there, will be considered wealthy in developing countries.

Subjective poverty is determined by whether people consider themselves poor. According to this indicator, Ukraine is a very poor country, 60% of people consider themselves to be so.

More than 80% of the population believes that the state should help them. That is, the state, and not the citizen himself / herself, should improve his / her life. It cannot be said that the state does nothing in the fight against poverty. It uses such tools of protection against poverty as benefits, subsidies, raising the level of the minimum wage. However, the consequences of such protection are the loss of economic incentives for the active part of the population as the state essentially not only supports, but also stimulates poverty.

For modern Ukraine, poverty has become such a chronic phenomenon that it determines the way of life of a large part of the population and becomes a factor in the polarization of society. As a result, it is divided into very wealthy and very poor, with a decrease in the share of the middle layer of society. According to research results, the income ratio of the richest Ukrainians to the poorest is 30:1, such a ratio in China is 7:1, in Japan it is 4.3:1, and in EU countries it is 5.7:1 [1].

It is necessary to pay attention to the fact that the economic theory defines various causes of poverty: from the ineffectiveness of social protection to the general injustice of the economic and social systems. Economic and social aspects are distinguished among the main causes of poverty as a socio-economic phenomenon. Thus economic aspect is followed through significant property stratification of the population; low level of labor productivity; there are no high-tech, efficient enterprises; low level of added value in products; lack of motivation, low salary for intensive and efficient work. Whereas social aspect is understood within careful attitude to risk and decision-making; low level of trust; inability to plan and save; inability to invest; despair in one’s own strength; too high hopes for help from the outside.

The problem of poverty, determined by the main contradiction between labor and capital, has given rise to a number of economic problems:

1. The presence of poverty in the country reduces the cost of labor, so the national labor market is characterized by a low level of wages.

The State Statistics Service of Ukraine published data on the level of wages of the country’s citizens for 2023 (table 2). Thus, the average nominal salary was 17,442 hryvnias, which is 17.47% higher than in 2022, and this indicator had a tendency of constant growth during 2016-2023.

Table 2 – Comparison of wages in Ukraine and neighboring countries*

Years/ indicators	Salary in Ukraine		Average monthly salary						
	mininal, UAH	average monthly, UAH	Poland, PLN	Hungary, HUF	Czech Republic, CZK	Estonia, EUR	Lithuania, EUR	Moldova, MDL	Slovakia, EUR
2016	1600	5183	4066	-	29320	1182	823	6004	-
2017	3200	7104	-	274799	-	-	-	-	971
2018	3723	8865	4521	329576	31851	1321	927	5907	1131
2019	4173	10497	5198	403521	33697	1397	1318	7385	1219
06.2020	5000	11591	5024	421743	34077	1433	1381	7634	1129
12.2020	-	-	5457	449442	38525	1515	1524	8860	1177
2021	6500	14014	5505	414362	38275	1538	1566	9044	1231
2022	6700	14847	-	-	-	-	-	-	-
2023	6700	17442	7124	568314	41265	1741	1960	11486	1592
2023, USD	186	484	1656	1678	1907	1891	2128	625	1697
Growth rate 2023/ 2018, %	179,96	196,76	157,57	172,44	129,56	131,79	211,50	194,46	140,76
The specific weight of the average salary of Ukraine in the salary of neighboring countries, %			29,25	28,85	25,40	25,61	22,75	77,54	28,53

*Calculated on the basis of sources: [5,6]

According to the data in Table 2, the minimum wage in Ukraine during 2016-2023 increased by UAH 5,100, which was almost 4.2 times, but the war slowed down this process, and in 2022-2023, its level remained stable. The ratio between the level of the minimum wage and the average monthly wage in 2023 was 38.41%, with the ratio recommended by the International Labor Organization and the World Bank at the level of 50-60%.

Ukraine is the poorest country in Europe in terms of average monthly wages. The average salary in Ukraine in 2023 was 484 USD, comparing with neighboring countries. It is worth noting Moldova with an indicator of 625 USD. Why Moldova, but because it was an outsider in terms of salary in Europe for a long time. If we consider the salary levels of Poland, Slovakia and Hungary, they are almost at the same level - within the range of 1656 - 1697 USD. In the Czech Republic and Estonia, a slightly higher level of wages was recorded in the range of 1,891 - 1,907 USD, and Lithuania with 2,128 USD.

According to the indicator of the growth rate of the average monthly salary during 2018-2023, Ukraine is among the leaders with an indicator of 196.76%. Higher rates were recorded in Lithuania 211.50%, slightly inferior to Moldova 194.46% and Hungary 172.44%. However, this indicator should not be idealized. This increase is completely offset by the rise in prices and the decrease in the national currency.

The specific weight of the average monthly salary of Ukraine in the salaries of neighboring countries clearly demonstrates the gap that was formed, including as a result of the war. So, on average, this indicator varies within 25-30% of the specific weight, only in comparison with Moldova it was at the level of 77.54%.

2. The low level of income of the population sharply reduces the level of consumer spending, practically 70-80 percent of family expenses go to food and utility payments.

The incomes of the population of Ukraine in 2022 amounted to UAH 5,257,066 million, and they increased relative to 2021 by 8.09%. Wages and social benefits and other received current transfers remain the main source of income for most of the population of Ukraine during 2016-2022. The amount of wages in 2022 increased by 24.37% and amounted to UAH 2,750,808 million, and the increase in social benefits and transfers amounted to 11.06% to UAH 1,754,471 million (Table 3)

Table 3 - Incomes and expenses of the population of Ukraine for 2016-2022, million UAH. *

Indexes	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Income - everything, including:	2051331	2652082	3248730	3744060	4045191	4863519	5257066
salary	898326	1209097	1529367	1758588	1832294	2211720	2750808
profit and mixed income	378213	477854	572065	678217	740334	964851	692862
property income received	75452	78673	91164	117003	104986	107241	58925
social benefits and other transfers	699340	886458	1056134	1190252	1367577	1579707	1754471
Expenses and savings - everything, including:	2051331	2652082	3248730	3744060	4045191	4863519	5257066
purchase of goods and services	1840262	2359985	2884971	3356993	3520546	4305425	3922442
property income paid	15564	21561	29975	39299	45788	46976	39499
current taxes and other paid transfers	182914	239898	302237	360225	414937	503468	731380
accumulation of non-financial assets	-5481	-32060	-22889	-40335	-44539	-36771	-
increase in financial assets	18072	62698	54436	27878	108459	44421	-

*Formed on the basis of source:[7]

Despite the increase in the total amount of expenses in 2022 by UAH 393,547 million, the amount of expenses for the purchase of goods and services decreased during this period by UAH (-382,983) million, which was caused by the increase in the amount of current taxes on income, property and other paid current transfers for UAH 227,912 million. As a result, the amount of available income, taking into account the received social transfers, in 2022 is less than the nominal amount, as evidenced by the dynamics of available real income, which decreased by -23.3% in 2022 and amounted to 85.9% compared to 2021.

During 2016-2022, almost 90% of the monetary income of Ukrainians was spent on the purchase of goods and services. In the structure of consumer spending, about 50% goes to food and beverages, 14% to housing and communal payments, 6% to medical expenses. For

comparison, in the EU countries, these types of expenses make up only 40% of total expenses, and food expenses - only 17%.

3. The low level of incomes of citizens leads to a decrease in the level of savings and, therefore, investments in the national economy.

Bank deposits are still the most accessible form of organized savings of the population in Ukraine, but non-state pension funds, insurance savings, trust and investment funds are gradually developing.

Gross savings of the economy remain low, as the dominant part of earned income is spent on consumption.

Poverty and uneven distribution of income in the country play a key role in the insufficient amount of savings. The majority of Ukrainians do not have the opportunity to save certain amounts of money for safekeeping, simply due to their lack. The specific weight of savings during 2016-2021 fluctuated within 0.2-2.1% of disposable income. The population significantly increased the rate of savings only in the war year 2022, and it was mainly caused by fear and uncertainty of the future.

Table 4 – Savings rate and gross accumulation of fixed capital for 20216-2022*

Indexes	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Available income, UAH million	1582293	2008278	2470325	2905821	3117891	3725498	3847601
Savings	12591	30638	31547	-12457	63920	7650	563745
Savings rate of households, %	0,8	1,5	1,3	-	2,1	0,2	14,6
Savings rate in EU countries	11,6	11,5	12,1	18,5	18,5	14,1	-
Gross accumulation of fixed capital to GDP, %	15,5	15,8	17,6	17,6	13,4	13,2	11,6

*Calculated on the basis of sources: [6,7]

The household sector of Ukraine is characterized by the lowest level of purchasing power and propensity to save in Europe. However, the main purpose of savings is the formation of powerful financial capital to restore the economic and social potential of society. The cumulative effect of savings determines the rate of economic growth, the volume of production, the level of innovation, the economic power of the country, and the well-being of its population. Insignificant amounts of savings and low rates of their growth inhibit the socio-economic development of the country. Thus, for 2016-2022, the level of gross accumulation of fixed capital in Ukraine decreased from 15.5% of GDP to 11.6% of GDP, which is significantly lower than the level of countries with emerging markets, which is 25–30% of GDP.

4. The war and the low level of wages encourage an active part of the population to emigrate in search of higher earnings.

The problem of migration has always been relevant for Ukraine, no one can say exactly how many people lived in Ukraine before the full-scale invasion. According to the Ministry of Foreign Affairs of Ukraine, as of June 21, 2023, 8 million 177 thousand Ukrainians were abroad. Compared to data on February 1, 2023, their number increased by almost 188,000 people [8].

More than half of Ukrainians live in only three countries: Poland – 22%, Germany – 14.6% and the USA – 11%. Also, many citizens of Ukraine found refuge in the Czech Republic - 7.9%, Italy - 5%, Canada - 4.9%, Spain - 3.4% and Israel - 2.75% [8].

The given information shows that by February 24, 2022, about 20% of the existing population of Ukraine have been abroad due to poverty and war.

Migration outflow is a direct response to threats caused by war, low level and quality of life. One of the manifestations of poverty in the country is the outflow of the intellect of doctors and candidates of sciences. Such a mass flight of 'brains'. All this negatively affects the quality of scientific and theoretical replenishment, the prospects of world-famous scientific schools. As a result, Ukraine practically fell out of the world's scientific and technological progress, modern high-tech industries were irretrievably lost, the potential created during the Soviet era is rapidly collapsing, the country has become a supplier of raw materials, a consumer of low-quality products and cheap labor.

5. The low level of aggregate demand, at a low level of investment and a reduction in the number of labor resources cause insignificant growth of GDP, which causes the need for resources and sources to stimulate it.

The nominal GDP of Ukraine for 2016-2022 in dollar terms increased by 71.92%, which is even higher than the recorded GDP per capita increase of 107.2%.

However, if we consider the GDP by purchasing power parity and compare it with European countries, its value is at least 10,731.4 dollars, which is more than three times less than in Poland or the Baltic countries. The dynamics of this indicator are also disappointing for Ukraine. Compared to 2016, it decreased by 6.98%, in Poland there was an increase of 29.13%, in the Baltic countries by 21.35% and in the EU countries by 14.73%.

Table 5 – Dynamics of GDP for 2016-2022*

Years/indexes	Nominal GDP		GDP at purchasing power parity per capita, USD			
	total, billion, USD	per capita, USD	Ukraine	Poland	Baltic countries	EU countries
2016	93,36	2187,7	11536,3	28497,1	30536,1	41858,5
2017	112,09	2638,3	11860,6	29958,1	32154,0	43210,9
2018	130,89	3096,6	12336,9	31739,3	33623,7	44345,4
2019	153,88	3661,5	12804,9	33159,8	35010,4	45362,1
2020	156,62	3751,7	12407,8	32546,8	34800,5	43477,9
2021	199,77	4827,8	12949,3	34915,5	36915,2	46268,6
2022	160,5	4533,0	10731,4	36798,2	37056,1	48024,9
Growth rate 2022/2016, %	171,92	207,20	93,02	129,13	121,35	114,73

*Formed on the basis of sources: [6,9]

It is obvious that as long as the population of Ukraine is poorer than the population of neighboring countries, there will be a threat to its sovereignty and territorial integrity. Thus, in terms of GDP per capita, Ukraine is three times behind its nearest neighbors, and 5-7 times behind developed countries. Ukraine belongs to the group of countries with the lowest figure of 4533.0 USD in 2022.

Ukraine, which is the poorest country in Europe, needs economic growth of at least 5% per year for at least 20 years to overcome poverty. The forecast for the growth of Ukraine's GDP by 3-3.5% indicates that our country will neither be able to catch up with the already developed countries no even with the developing ones.

The Norwegian economist Erik Reinert in his book 'How rich countries became rich and why poor countries remain poor' convincingly showed that the so-called vicious circle of poverty, or the ontological circle of evil, condemns some countries with enormous starting opportunities to a permanent descent into 'rings of poverty' 'to the bottom of the well of life'.

The main reason: focus on mono-production with diminishing returns and incorrect application of the theory of comparative advantages.

In this format, the National Bank's assessment of the growth prospects of the domestic economy is really a high-quality 'autopsy' of the patient, and its conclusion that the 'patient' died from the autopsy is completely objective. The raw model of economic development currently used in Ukraine will not be able to provide the necessary dynamics of development at the level of 5%+. It is possible due to the stimulation of aggregate demand and the export of goods with a significant share of added value, and most importantly, financial resources are necessary for this - investments in the amount of at least 27-35% of GDP, but in the conditions of war for Ukraine hopes for foreign investments are useless.

Ukraine is currently developing without a national industrial policy, with the expected lack of an investment strategy and the investments themselves. There is no vertical or horizontal direct investment. The only direction in which investments are still made in Ukraine is logistics, which serves the export of raw materials abroad. In this model, only 'fortified' trade outposts for the export of 'nuts, honey, grain and metal' and fast transport corridors are needed. Therefore, in relation to Ukraine, a poverty trap arises, which looks as follows: since we have favorable conditions for agriculture, then we have absolute advantages in this field compared to other countries, so we will concentrate on the production of corn, grain and sunflower oil, i.e. commodity monoproducts with diminishing returns. But unlike goods with a high level of added value, it is not possible to obtain the effect of scale on the output of agricultural products. Thus, in the production of passenger cars, an increase in production volumes will lead to a decrease in costs, and in the agricultural sector and mining, the opposite is true: each additional ton of wheat or new ton of mined ore requires new costs: fertile soils are exhausted, reserves are depleted. As a result, we got an economy in which only those industries developed, which either had absolute advantages on the world market, or relied on the production of agricultural monoproducts and raw materials with a low amount of added value. Industries with increasing returns, which could be based on the use of relative advantages, for example, processing, production of consumer goods, engineering, and so on, practically did not develop. GDP growth by 2-3% does not eliminate the problem of poverty, but preserves it indefinitely. In addition, low GDP growth rates are an indirect motivation for new waves of labor migration.

Conclusions and recommendations. Despite military challenges, the problem of population poverty was and is a significant internal threat to the country's national security. Solving the problem of poverty in Ukraine requires improvement of the system of science-based measures, which must take into account the specifics, features of the formation and spread of poverty, the causes of its occurrence. Strategically, socio-economic development of society is impossible without reducing the scale of poverty, increasing material wealth, and, accordingly, creating sufficient conditions for the development of human capital. Further delay in solving the problem of poverty will lead to an aggravation of the social, economic and political situation in the country. Therefore, only the identification of the completeness of the connections and the impact of poverty on economic security will allow making the right management decisions to strengthen the security of the state. Poverty affects economic security through the formation of a number of economic problems:

- reduction in the consumption of goods and services, so within the borders of the country, the volume of aggregate demand remains at a rather low level and has limited sources of growth;
- a decrease in the level of savings of households, therefore, the amount of potential investment resources within the national economy decreases;
- provokes a low level of wages within the country, compared to neighboring countries, which causes the migration of Ukrainian citizens to other countries;

- freezes the gross domestic product at a fairly low level and limits the sources of its growth.

Since Ukraine is in a very difficult military, political and economic situation, operational structural reforms are necessary to stabilize its economy. And for this, first of all, it is necessary:

- to find funds for war expances, social and pension payments, balancing the budget;
- maximally stimulate entrepreneurial activity by improving the 5-7-9 lending program and property insurance in wartime;
- to introduce adequate banking instruments for financing investment projects, as one of the most important sources of GDP growth;
- maximally support the export activity of enterprises due to the improvement and cheaper logistics, the unblocking of borders and the restoration of sea routes. informational, technical and legal support of the exporters themselves, promotion of entry of small and medium-sized businesses to foreign markets.
- to create conditions and incentives for the return of migrants from abroad, especially those of working age, specialists and scientists, because if Ukraine remains a country with a population of only retirement age, it will be impossible to break out of the poverty trap;
- to stimulate the process of industrialization of the country's economy as the main factor in overcoming poverty and improving the quality of life of the population.

In the medium term, these measures are capable of revitalizing business activity in the real sector of the country's economy. Without this, we should not expect to ensure economic security as a guarantee of the country's independence and the conditions for stable and effective life activities of society. Therefore, this topic is extremely relevant for Ukraine, which needs further research and coverage by the scientific community.

References

1. Шевченко Л. С. (2008). Основи економічної теорії: Підручник [Electronic resource]. - Access mode : ttps://library.nlu.edu.ua/POLN_TEXT/KOMPLEKS/ET/KURS/
2. OSNOVA_ET/EkonomTeoria.pdf
3. Лібанова Е.М. (2008). Бідність населення України: методологія, методика та практика аналізу : монографія. – Умань : Видавець "Сочінський М.М.", 2020. – 456 с.
4. Черенько Л. М., Полякова С. В., Реут А. Г. та ін. Бідність та нерівні можливості дітей в Україні (2009). К. : Інститут демографії та соціальних досліджень НАН України, Дитячий фонд ООН (ЮНІСЕФ), Український центр соціальних реформ, 288 с.
5. Вербицька. Г.Л. (2010). Проблеми бідності та рівня життя населення України. Львівська політехніка», С. 305–309.
6. Ministry of Social Policy of Ukraine : [Official site]. - Access mode: https://www.msp.gov.ua/news/12286.html
7. Financial portal of the Ministry of Finance: [Official site]. - Access mode: http://index.minfin.com.ua/index/assets/
8. State Statistics Service of Ukraine: [Official site]. - Access mode: http: // www.ukrstat.gov.ua.
9. Ministry of Foreign Affairs of Ukraine: [Official website] – Access mode: https://mfa. gov.ua
10. World Bank: [Official site] – Mode of access: http://www.worldbank.org.

11. Бідність – головна загроза безпеці громадян: Аналітична доповідь Українського інституту дослідження екстремізму: [Electronic resource]. - Access mode : http://uire.org.ua/wp-content/uploads/2019/02/bidnist.pdf.
12. Томаневич Л.М. (2013). Бідність як соціально-економічна загроза національній безпеці держави. Львівський державний університет внутрішніх справ, С. 165–175.

НАРОДНІ ПРИКМЕТИ ТА СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ МОВНОЇ КУЛЬТУРИ (НА МАТЕРІАЛІ ПОЛЬСЬКИХ ПРИСЛІВ'ЇВ ТА ПРИКАЗОК З АНТОНІМІЧНИМИ КОМПОНЕНТАМИ)

Moroz T.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Анотація. Мова – це невичерпне, потужне джерело генетичного, енергетичного та національно-культурного коду кожного народу. Вона є не лише засобом спілкування та пізнання, а й характером нації, який проявляється у світогляді, звичаях, традиціях, побуті, історії, системі цінностей тощо.

Паремійний фонд будь-якої мови є певною системою уявлень про минуле народу, його світогляд і устрій життя, а також про взаємодію з навколишнім середовищем. Саме в основі прислів'їв та приказок, як мовних репрезентантів, лежать образне світобачення, світосприйняття та світорозуміння, які, власне, ґрунтуються на осмисленні традицій, звичаїв, прикмет, повір'їв тощо.

Пропоноване дослідження присвячене аналізу польських паремій з антонімічними компонентами, що описують народні прикмети та спостереження людини. З огляду на семантику паремійних одиниць, виокремлено три тематичні групи польських прислів'їв та приказок з антонімічними компонентами, що відображають народні прикмети та спостереження польського народу: «Прислів'я та приказки, що описують метеорологічні спостереження», «Прислів'я та приказки, що описують особливості ведення посівних робіт» та «Прислів'я та приказки дидактичного характеру».

З'ясовано, що найбільшу кількість становлять польські паремії, у яких відображено народні спостереження та прикмети через виразні повчальні моменти, зокрема застереження, заклики та поради. Паремії ТГ «Прислів'я та приказки, що описують метеорологічні спостереження» відображають народні, зокрема метеорологічні, спостереження та прикмети, що мають релігійне спрямування. У ТГ «Прислів'я та приказки, що описують особливості ведення посівних робіт» нам вдалося виявити прислів'я-спостереження з АК, які найяскравіше відображають вплив пір року, погоди на проведення сільськогосподарських робіт, зокрема посівних.

Ключові слова: паремія, прислів'я, приказка, прикмети, спостереження, тематична група, антонімічні компоненти.

Народні прикмети та спостереження становлять одну з основних складових частин як культурної, так і мовної картини світу. Вони є певним складником менталітету тої чи тої нації. Як відомо, ще здавна люди спостерігали за природою, навчалися взаємодіяти із навколишнім світом, зокрема шанували та виконували усі народні мудрості.

Безсумнівно, що саме в основі прислів'їв та приказок, як мовних репрезентантів, лежать образне світобачення, світосприйняття та світорозуміння, які, власне, ґрунтуються на осмисленні традицій, звичаїв, прикмет, повір'їв тощо.

Мета статті полягає у здійсненні аналізу польських паремій з антонімічними компонентами (далі – АК), що описують народні прикмети та спостереження людини.

У нашому дослідженні нам вдалося виокремити три тематичні групи (далі – ТГ) прислів'їв та приказок з АК, що відображають народні прикмети та спостереження польського народу: «Прислів'я та приказки, що описують метеорологічні спостереження», «Прислів'я та приказки, що описують особливості ведення посівних робіт» та «Прислів'я та приказки дидактичного характеру».

ТГ «Прислів'я та приказки, що описують метеорологічні спостереження». Паремії, що входять до цієї ТГ, відображають народні, зокрема метеорологічні, спостереження та прикмети, що мають релігійне спрямування. Так, у прислів'ях ***Boże Narodzenie po wodzie***, ***Wielkanoc po lodzie*** "Різдво Христове по воді, Великдень по кризі",

Pasterka po wodzie, ***rezurekcja po lodzie*** “Різдво по воді, Великдень по кризі”, ***Narodzenie po wodzie***, ***Zmartwychwstanie po lodzie*** “Різдво по воді, Воскресіння по кризі” [NKP, T. 1, 138] семантично протилежні частини вказують на те, що морозів на Великдень варто очікувати у тому випадку, якщо на Різдво йтиме дощ. У наступних пареміях наявність морозів і криги на день святої Катерина (25 листопада) та день святої Варвари (4 грудня), які передують приходу Різдва Христового, віщують дощ на свято народження Ісуса Христа: ***Święta Katarzyna po lodzie***, ***Boże Narodzenie po wodzie*** “свята Катерина по кризі, Різдво по воді” [NKP, T. 2, 46], ***Święta Barbara po lodzie***, ***Boże Narodzenia po wodzie*** “свята Варвара по кризі, Великдень по воді”, *Gdy* ***w świętą Barbarę*** *gęś chodzi* ***po lodzie***, *to* ***Boże Narodzenie*** *będzie* ***po wodzie*** “коли на святу Варвару гуска ходить по кризі, то Різдво Христове буде по воді”, *Gęś* ***na Barbarę*** *chodzi* ***po lodzie***, *to* ***Boże Narodzenie*** *będzie* ***po wodzie*** “гуска на Варвару ходить по кризі, то Різдво Христове буде по воді” [NKP, T. 1, 62]. Протилежну прикмету фіксуємо в ПО *Gdy* ***Barbara się rozdeszczy***, ***na Gody*** *mocny* ***mróz treszczy*** “коли Варвара роздощиться, на Коляду міцний мороз тріщить” [NKP, T. 1, 62], відповідно до якої на Різдво варто очікувати холодної погоди, температури повітря нижче нуля, якщо на Варвару йтиме дощ.

У деяких пареміях семантично протилежні частини вказують на те, що погода на Різдво Христове залежить від того, якою буде температура повітря на святого Якова (25 липня): ***Ciepły święty Jakub***, ***zimne Boże Narodzenie*** “теплий святий Яків, холодне Різдво Христове”, ***Parno na Jakuba***, ***przyda się na Gody szuba*** “гаряче на Якова, на Коляду пригодиться шуба”, ***Na Jakuba się pogrzejesz, w Narodzenie kosniejesz*** “на Якова погрієшся, на Різдво закоцюбнеш” [NKP, T. 1, 820]. У цих прислів’ях наголошується на тому, що тепла, сонячна погода на святого Якова віщує морозну погоду на Різдво.

Народну мудрість у передбаченні погоди відображено і в пареміях *Jeśli na polu* ***czarno, gdy się Chrystus rodzi***, *to będzie* ***biało*** *na łanie,* ***kiedy Chrystus zmartwychwstanie****; a jeśli na* ***Gody zielono***, *to* ***na Wielkanoc śniegu*** *będzie* ***za kolano*** “якщо на полі чорно, коли Ісус народжується, то буде біло на лані, коли Ісус воскресне; а якщо на Коляду зелено, то на Пасху снігу буде по коліно” [NKP, T. 1, 141], *Gdy* ***w Boże Narodzenie pola są zielone***, ***na Wielkanoc*** *będą* ***śniegiem przyprószone*** “коли на Різдво поля зелені, на Пасху будуть снігом припорошені” [NKP, T. 1, 142]. У них показано, що тепла погода на Різдво негативно вплине на врожай навесні, оскільки тоді, коли доведеться засівати поля, земля буде вкрита снігом, що перешкоджатиме швидкому росту рослин.

Наведемо також приклади, у яких ідеться про спостереження за погодними умовами у різні місяці та пори року. У паремії *Gdy* ***w maju plucha***, ***w czerwcu posucha*** “коли у травні грязюка, у червні посуха” [NKP, T. 2, 368] говориться про те, що наявність рясних дощів у травні призведе до засухи у червні через нестачу чи відсутність опадів за підвищених температурних показників. Про спостереження за погодними умовами восени йдеться у таких пареміях, як *Na jesieni* ***kropla deszczu***, ***garniec błota*** “восени крапля дощу, горщик болота”, *Na jesieni* ***łyżka wody (deszczu)***, ***ceber błota*** “восени ложка води (дощу), відро болота”, *W jesieni* ***kwarta deszczu, korzec błota*** “восени кварта дощу, відро болота”, *Na jesieni* z ***łyżki deszczu beczka błota*** “восени з ложки дощу бочка болота”, *Wrześniowa słota:* ***miarka deszczu***, ***korzec błota*** “вереснева негода: невелика міра дощу, відро болота” [NKP, T. 1, 847]. Зокрема, наголошується на тому, що навіть невелика кількість опадів може призвести до значної кількості багнюки в осінню пору, оскільки знижується температура і через це зменшується випаровування вологи. У ПО *Gdy* ***jesień zamglona***, ***zima zaśnieżona*** “коли осінь туманна, зима засніжена” [NKP, T. 1, 847] простежуємо народну прикмету, згідно з якою наявність туманів восени віщує багату на сніг зиму.

ТГ «Прислів’я та приказки, що описують особливості ведення посівних робіт». У цій ТГ нам вдалося виявити прислів’я-спостереження з АК, які найяскравіше

відображають вплив пір року, погоди на проведення сільськогосподарських робіт, зокрема посівних. У ПО *Kto* ***sieje w koszuli***, ***zbiera w kożuchu***, *a kto* ***sieje w kożuchu***, ***zbiera w koszuli*** "хто сіє в сорочці, збирає в кожусі, а хто сіє в кожусі, збирає в сорочці" [NKP, T. 3, 172] наголошується на тому, що людина, яка засіватиме в теплу пору, збиратиме врожай у холодну, однак якщо засіватиме в холодну пору, то збиратиме в теплу. Іншу семантику спостерігаємо у прислів'ї *Kto* ***sieje w marcu***, *ten* ***zbiera w garncu***, *a kto* ***sieje w maju***, *ten* ***zbiera w jaju*** "хто сіє в березні, той збирає в горщику, а хто сіє в травні, той збирає в яйці" [NKP, T. 3, 172], де говориться про те, що сівба у березні призведе до хорошого врожаю, але якщо процес засівання затягнеться до травня, то і збір врожаю буде дуже мізерним. У паремії ***Siejba ranna*** *czasem omyli*, ***późna*** *zawsze* "рання сівба інколи обманить, пізня (сівба) завжди" [NKP, T. 3, 172] ідеться про те, що краще рання сівба, яка дуже рідко є помилковою, на відміну від пізньої, внаслідок якої завжди буває поганий врожай.

Прислів'я *Na świętego Marka* ***późny siew owsa***, *a* ***wczesna tatarka*** "на святого Марка пізно сіяти вівсо, але рано гречку" [NKP, T. 2, 392] демонструє думку про те, що засівати зернові культури на полях потрібно якомога раніше, щоб урожай був якісним та високого рівня, натомість гречку варто засівати дещо пізніше, оскільки вона дуже чутлива до низьких температур і приморозків.

У ПО ***Suchy kwiecień*** **(*marzec*), *mokry maj*,** *będzie żyto* (*żytko*) *jako* (*niby*) *gaj* "сухий квітень (березень), мокрий травень, буде жито як (ніби) гай" [USJP] СПЧ вказують на те, що хороша врожайність жита зазвичай тоді, коли березень чи квітень будуть бездощовими, а травень, навпаки, вологим.

Для вдалого посіву неабияке значення мали фази місяця, які були певними орієнтирами для людини, коли і де краще здійснювати посівні роботи. Така думка закладена у прислів'ї *Siejba* ***na nowiu*** – ***na górze***; ***po pełni*** – ***na dole*** *najpewniejsza* "сівба на новий місяць – на горі, на спадаючий – в низині найкраща" [NKP, T. 3, 93], де наголошується на тому, що на молодий місяць варто сіяти на височині, натомість на спадаючий – в низині.

У деяких пареміях цієї групи описано прикмети, згідно з якими успішність врожаю залежить від погоди взимку на Різдво. Так, у наведених нижче пареміях показано, що відсутність снігу на Різдво та його наявність на Великдень, матиме згубний вплив на врожай: ***Zielone Boże Narodzenie***, *a* ***Wielkanoc biała***, *w polu uciecha mała* "зелене Різдво, а білий Великдень, у полі мала втіха", *Jeśli* ***pola zielone***, *gdy się* ***Chrystus rodzi***, *gdy* ***z martwych wstanie***, ***śnieg z mrozem kołaczom przeszkodzi*** "якщо поля зелені, коли Ісус народжується, коли воскресне, сніг з морозом калачам зашкодить" [NKP, T. 1, 141].

«Прислів'я та приказки дидактичного характеру». У багатьох польських пареміях, у яких відображено народні спостереження та прикмети, спостерігаються виразні повчальні моменти, зокрема застереження, заклики та поради. Як зауважує З. Р. Дубравська, «паремії є мовою сформованої протягом століть буденної культури, у якій відображені всі категорії та настанови життєвої філософії народу» [Дубравська 2017, 77]. Серед паремій дидактичного спрямування виділяємо прислів'я, у яких представлено протиставлення компонентів *dobry* / *zły*. ПО ***Dobrego*** *і* ***karczma nie zepsuje***, ***złego*** *і* ***kościół nie naprawi*** "хорошого і корчма не зламає, а поганого і костел не виправить" [USJP] відображає думку про те, що на хорошу людину ніщо зле вплинути не здатне, а ось погану людину навіть і святе та благородне не зробить кращим. У ПО ***Jeden zły wielu dobrym*** *zaszkodzi* "один поганий багатьом хорошим зашкодить" [NKP, T. 3, 900] розширення опозиції відбувається за допомогою протиставлення числівника *jeden* та займенника *wiele*, які вказують на здатність однієї недоброї людини заподіяти шкоду чималій кількості хороших людей. Мораль паремії ***Dobrym sprzyjaj***, а ***złych mijaj*** "хорошим сприяй, поганих оминай" [NKP, T. 1, 455] полягає у тому, що

хороші, добрі люди завжди заслуговують на підтримку, розуміння та допомогу. Однак недобрих людей у житті варто всіляко уникати та оминати.

Трохи інший зміст закріплений у прислів'ї ***Zły dobrego*** *nigdy nie chwali* "поганий хорошого ніколи не хвалить" [NKP, T. 3, 904], у якому говориться про те, що хороша людина ніколи не почує бажаних слів похвали від поганої особи та не відчує позитивного ставлення до себе.

Оцінне значення за допомогою протиставлення числівника *jeden* та займенника *wiele* має паремія ***Jeden dobry*** *stoi* ***za wielu złych*** "один хороший вартий багатьох поганих" [NKP, T. 1, 456], у якій наголошується на тому, що людина, яка наділена позитивними якостями, має набагато більшу цінність за чималу кількість недобрих, недоброзичливих людей.

У ПО ***Dzień dobry z*** *kim* ***dobrym***, ***ze złym*** *to i* ***godzina niemiła*** "день добрий із кимось хорошим, із поганим, то й година неприємна" [NKP, T. 1, 456] показано, що з хорошою людиною хочеться проводити якомога більше часу разом, натомість з поганою навіть спільно проведений короткий проміжок часу викликає почуття незадоволення.

Думка про те, що поганим людям завдає шкоди та неприємностей усе те, що подобається хорошим людям, закріпилася у прислів'ї ***Złym*** *to szkodzi, co się* ***dobrym*** *godzi* "поганим те шкодить, що хорошим підходить" [NKP, T. 1, 455]. Щось хороше, приємне людина здатна пам'ятати протягом тривалого часу, однак неприємні речі та події, що відбуваються в житті людини, фіксуються в пам'яті ще надовше. Про це йдеться у таких пареміях, як ***Dobre długo się pamięta***, *a* ***złe jeszcze dłużej***, ***Dobre się długo pomni***, *a* ***złe jeszcze dłużej*** "хороше довго залишається в пам'яті, а погане ще довше" [NKP, T. 1, 444].

У паремії *Złe* ***łatwo zrobić***, *ale* ***trudno odrobić*** "погане легко зробити, але важко змінити" [NKP, T. 3, 883] говориться про те, що зупинити чи перервати будь-які негативні дії досить важко, однак для того, щоб заподіяти комусь щось погане, не потрібно багато зусиль.

До групи паремій дидактичного характеру відносимо також ПО з опозиційними частинами, що позначають дні тижня, частини доби та емоційні стани людини. У прислів'ї *Kto* ***w piątek skacze***, *ten* ***w niedzielę płacze*** "хто в п'ятницю скаче, той у неділю плаче" [USJP] АЧ *w piątek skakać* / *w niedzielę płakać* вказують на вираження емоцій та позначають дні тижня. Ймовірніше, ця паремія має дещо релігійний характер, оскільки п'ятниця вважається днем посту. Саме в цей день не варто працювати та веселитися, інакше в неділю, коли всі відпочивають, доведеться журитися та плакати. Подібну семантику спостерігаємо в пареміях *Kto się* ***rano śmieje***, ***wieczór płacze*** "хто вранці сміється, ввечері плаче", *Kto się* ***rano*** *za wiele* ***śmieje***, ***wieczór płakać może*** "хто вранці багато сміється, ввечері може плакати" [NKP, T. 3, 21], де показано, що надмірні веселощі вранці можуть призвести до безрадісного та сумного вечора. Натомість у ПО *Kto* ***w sobotę płacze***, *ten* ***w niedzielę skacze*** "хто в суботу плаче, той у неділю скаче" [NKP, T. 3, 264] вказується на протилежне: якщо для людини субота виявилась невдалою, то наступний день – неділя, принесе радість.

Прикметним є те, що не можна сміятися та занадто радіти, інакше потім все може обернутися навпаки, до смутку та печалі. Така ідея закладена в ПО *Kto się* ***śmieje radośnie***, *będzie* ***płakał żałośnie*** "хто радісно сміється, буде сумно плакати" [NKP, T. 3, 439].

Наступна група паремій також має повчальний характер. Прислів'я *Kto* ***rano projektuje***, ***wieczorem żałuje*** "хто вранці планує, ввечері шкодує" [NKP, T. 3, 21] ілюструє закономірність того, що не можна загадувати чи планувати щось наперед, інакше пізніше доведеться жалкувати та сумувати, оскільки життя внесе свої корективи.

Народна мудрість стверджує, що слова, сказані людиною, не закарбовуються в пам'яті так, як написані на папері. На це вказують СПЧ в ПО ***Słowa ulatują***, ***pismo pozostaje*** "слова відлітають, письмо залишається" [USJP].

Основна ідея паремій *Co masz **dziś** uczynić, nie odkładaj na **jutro*** “що маєш сьогодні зробити, не відкладай на завтра” [NKP, T. 1, 394], *Zrób **dziś**, co masz zrobić **jutro*** “зроби сьогодні, що маєш зробити завтра” [USJP] полягає у тому, що не варто відтягувати та залишати щось на інший час, якщо це можна виконати цього ж дня.

Є також прислів’я, у яких закладається ідея про важливість праці, від якої залежить достаток. У ПО *Czego **dziś** nie zarobisz, nie będziesz jadł **jutro*** “чого сьогодні не заробиш, не будеш їсти завтра” [NKP, T. 3, 830] говориться про те, що якщо людина добре не попрацює сьогодні та не заробить кошти для подальшого існування, то завтра їй доведеться голодувати. Ідея паремії ***Święto na ręce**, **post na zęby*** “свято на руки, піст на зуби” [KPP, 465] полягає у тому, що людина не зможе задовільнити свої фізіологічні потреби, зокрема потребу в їжі, якщо не буде фізично працювати. Подібну ідею простежуємо в ПО *Kto **we żniwa próżnował**, **będzie w zimie biedował*** “хто в жнива ледарював, взимку буде бідувати” [NKP, T. 3, 948], де наголошується на тому, що людина, яка пробайдикувала влітку, буде бідувати взимку, оскільки не змогла себе забезпечити, коли була така можливість.

У ПО релігійного характеру *Kto **na ciebie kamieniem**, **ty** na niego **chlebem*** “хто на тебе каменем, ти на нього хлібом” [NKP, T. 1, 253] йдеться про істину, згідно з якою не варто робити що-небудь негативне у відповідь людині, яка тебе ображає, краще показати їй, що можна вчинити по-іншому й бути милосердним. Оскільки на зло потрібно відповідати добром, а зло породжує зло.

Головна ідея ПО *Kiedy **chleb** nie rodzi, **sad** dogodzi* “коли хліб не родить, сад задовільнить” [NKP, T. 1, 251] полягає у тому, що завжди потрібно мати щось у запасі, зокрема якщо не вдасться одне, врятує інше.

Як зауважує народна мудрість, здатність людини розмовляти, щось оповідати високо цінується, однак є ситуації, коли замість слів краще помовчати, тоді це цінуватиметься ще більше. У прислів’ях ***Mowa srebro**, **milczenie złoto*** “мова – срібло, мовчання – золото”, ***Mowa** jest srebrem, **milczenie** złotem* “мова є сріблом, мовчання – золотом” [NKP, T. 2, 476] наголошується на тому, що вміння слухати та промовчати в потрібну хвилину, цінується більше, ніж бесіда. Наступна паремія містить пораду, згідно з якою краще довше та уважніше слухати, ніж багато говорити: ***Wiele słuchaj**, **mało mów*** “багато слухай, мало говори” [NKP, T. 3, 248]. Адже часом одне слово, сказане недоречно, може викликати смуток у співрозмовника, пор.: ***Jedno głupie słowo** wicyj zaszkodzy, jak **dziesięć mądrych*** “одне дурне слово більше зашкодить, ніж десять мудрих” [NKP, T. 3, 236].

Паремія *Lepiej **krótko**, a **dobrze,** niż **długo**, a **miernie*** “краще коротко, але добре, ніж довго, але погано” [NKP, T. 2, 215] також має повчальний характер, який розкривається у тому, що потрібно вміти формулювати свої думки стисло і чітко, а не розповідати щось розлого, але непослідовно та беззмістовно.

У ПО *Lepiej **po chłopsku** prawdę powiedzieć, niż **po szlachecku** zełgać* “краще по-селянськи правду сказати, ніж по-шляхетськи збрехати” [NKP, T. 1, 270] дається порада, що варто краще сказати гірку правду, ніж красиво, завуальовано збрехати.

Народне спостереження також фіксуємо в ПО *Co **we dnie masz na myśli**, to ci się **w nocy przyśni*** “що вдень маєш на думці, те вночі і присниться” [NKP, T. 1, 535], де наголошується на тому, що людині, яка весь день про щось думає чи мріє, у нічний час все це може наснитися.

У ПО *Kto słucha **pod cudzymi ściany**, usłyszy **własne nagany*** “хто слухає під чужими стінами, почує власну критику” [NKP, T. 3, 246] дається порада, пов’язана з тим, що не варто проявляти інтерес до чужої розмови, оскільки, підслуховуючи чуже, можна почути щось неприємне про себе.

Отже, як показав аналіз фактичного матеріалу, паремії, будучи частиною мови, водночас є частиною культури, оскільки вони нерозривно пов'язані з культурною специфікою певного мовного колективу, відображають і зберігають певні історичні факти, звичаї, етичні погляди, способи сприйняття світу, а також особливості матеріальної та духовної культури тієї чи тієї нації.

Список використаної літератури

1. Дубравська З. Р. Паремії як засіб пізнання системи мови. Молодий вчений. 2017. № 4.3(44.3). С. 77−80. URL: http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2017/4.3/19.pdf (дата звернення 14.02.2024).
2. Księga przysłów przypowieści i wyrażeń przysłowiowych polskich / pod red. S. Adalberga. Warszawa, 1889−1894. URL: https://www.wbc.poznan.pl/dlibra/publication/11603/edition/18873/content (21.01.2023).
3. Nowa księga przysłów i wyrażeń przysłowiowych polskich / red. J. Krzyżanowski. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy, 1969–1978. T. 1–4.
4. Uniwersalny słownik języka polskiego / pod red. S. Dubisza. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN SA, 2003. T. 1–4 [Електронна версія 1.0, доступна на CD-ROM].

ZASTOSOWANIE METODY KLASTROWANIA DO PROGOWANIA OBRAZÓW MIKROTOMOGRAFICZNYCH MATERIAŁÓW TRÓJSKŁADNIKOWYCH

Mreła A.[1], Cieszko M.[2]
[1]Wydział Informatyki, [2]Wydział Mechatroniki,
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, Poland

Streszczenie. Celem pracy jest przedstawienie zastosowania metody klastrowania do progowania obrazów mikrotomograficznych materiałów trójskładnikowych. W pracy przedstawiono istotę progowania obrazów mikrotomograficznych metodą klastrowania oraz jej zalety i wady w odniesieniu do innych metod. Omówiono szczegółowo procedurę progowania o brazów materiałów trójskładnikowych oraz zilustrowano analizując obrazy próbek betonu komórkowego, w których wyznaczone progi poziomów jasności określają obszary w próbce zajęte przez pory oraz dwa składniki szkieletu: zaprawę betonową i piasek. Porównano przy tym dwie strategie klastrowania: jednoetapową z dwoma progami oraz dwuetapową wykorzystującą każdorazowo jeden próg. W pierwszej strategii wyznaczane są jednocześnie dwa progi. Natomiast, w drugiej strategii klastrowania, w pierwszym etapie wyznaczany jest próg określający obszar występowania porów w próbce, a następnie próg odseparowujący obszary występowania składników szkieletu. Pokazano, że przy wyborze strategii klastrowania należy uwzględniać różnice poziomów jasności związanych z poszczególnymi fazami, które są ściśle związane z różnicami ich gęstości.
Słowa kluczowe: Mikrotomografia komputerowa, progowanie obrazów, materiały trójskładnikowe.

1. Wprowadzenie

Identyfikacja mikroskopowej geometrii budowy wewnętrznej materiałów oraz jej związku z makroskopowymi własnościami materiałów jest bardzo ważnym zagadnieniem inżynierii materiałów. W szczególności dotyczy to materiałów porowatych powszechne występujących w przyrodzie i technice. Wewnętrzna budowa takich materiałów decyduje bowiem o makroskopowych właściwościach mechanicznych, a także silnie wpływa na przebieg procesów transportu zachodzących w przestrzeni porów.

Jedną z metod takich identyfikacji jest mikrotomografia komputerowa (μCT). Jest to bardzo nowoczesna, nieniszcząca metoda stosowana w różnych dziedzinach nauki i inżynierii do identyfikacji struktury przestrzennej niejednorodnych materiałów i małych obiektów fizycznych. W tej metodzie, podobnie jak w tomografii komputerowej stosowanej w diagnostyce medycznej, wykorzystuje się promieniowanie rentgenowskie, aby uzyskać trójwymiarowy obraz o rozdzielczości rzędu jednego mikrometra. Obrazy mikrotomograficzne próbek materiałów porowatych stanowią podstawę do rekonstrukcji mikroskopowej geometrii przestrzeni porów oraz budowy ich szkieletu. Pozwala to na identyfikację charakterystyk stochastycznych, parametrów mikroskopowych i makroskopowych przestrzeni porów i struktury matrycy, stałych materiałowych i ich charakterystyk kierunkowych. W tym celu stosuje się metody czysto geometryczne oraz metody symulacji procesów fizycznych realizowane na poziomie mikroskopowym.

Dokładność uzyskanych w ten sposób parametrów i współczynników jest bezpośrednio określona jakością rekonstrukcji mikroskopowej geometrii przestrzeni porów. Zależy to nie tylko od rozdzielczości obrazu próbki, ale także od jakości segmentacji obrazu, czyli od jakości transformacji obrazu mikrotomograficznego o różnych poziomach szarości do obrazu binarnego. Kluczowym etapem tego procesu jest progowanie obrazu. Można wyróżnić szereg grup metod progowania obrazu [1]: lokalne, globalne, bazujące na kształcie histogramu oraz wykorzystujące takie narzędzia jak klastrowanie, entropia i logika rozmyta. Charakteryzują się one różnym stopniem złożoności obliczeniowej i czasochłonności przy progowaniu obrazów

materiałów dwuskładnikowych. Parametry te istotnie rosną, gdy przedmiotem segmentacji są obrazy materiałów wieloskładnikowych.

Do najpopularniejszych metod globalnego progowania bazującego na kształcie histogramu zalicza się tzw. metodę standardową [2] oraz metodę Otsu [3]. Obie metody są standardowo zaimplementowane w większości mikrotomografów komputerowych.

W metodzie standardowej próg segmentacji obrazu definiuje się jako poziom jasności wokseli, dla której częstość występowania wokseli w próbce skanu osiąga minimum pomiędzy dwoma ekstremami histogramu odpowiadającymi wokselom typu pora i typu szkielet. Na wykresie histogramu skumulowanego ta wartość progowa określa położenie punktu przegięcia, w pobliżu którego zmiany udziału objętościowego porów i objętości szkieletu w próbce są najmniejsze. Odpowiada to również największym zmianom poziomów jasności wokseli.

W metodzie progowania Otsu, histogram skanu jest dzielony na dwie części przez nieznaną wartość progu binaryzacji. Po unormowaniu wykorzystuje się obie części jako rozkłady prawdopodobieństwa gęstości wokseli dwóch typów, zdefiniowanych w dwóch odrębnych zakresach. Umożliwia to zdefiniowanie wyrażeń dla średnich poziomów jasności wokseli w obu klasach jako funkcji progu binaryzacji oraz zdefiniowanie tzw. wariancji między-klasowej średnich poziomów jasności wokseli w skanie. Jest to miara odchylenia średnich wartości poziomów jasności obu klas od średniej wartości poziomów jasności wszystkich wokseli w skanie. Żądanie maksymalnej wartości tej wariancji jest kryterium określającym optymalną wartość progu binaryzacji skanu. Podobnie realizowane są procedury segmentacji wieloprogowej tą metodą. W pracy [4] udowodniono, że metoda Otsu jest szczególnym przypadkiem segmentacji metodą klastrowania.

Celem pracy jest przedstawienie zastosowania metody klastrowania do progowania obrazów mikrotomograficznych materiałów trójskładnikowych.

Bezpośrednie zastosowanie metodyki klastrowania do progowania obrazów mikrotomograficznych polega na przetwarzaniu informacji zawartych w obrazach. Wymaga to wielokrotnego przetwarzania dużych plików reprezentujących analizowany obraz, polegającego na każdorazowym przeszukiwaniu plików. Taka forma danych zawiera informację o przestrzennym rozkładzie poziomów jasności w obrazie, która jest nie istotna przy progowaniu metodą klastrowania. Znacznie bardziej efektywną metodą jest zebranie całej informacji o poziomach jasności skanu próbki w formie jego histogramu i prowadzenie procedury klastrowania na takiej reprezentacji globalnej. W takim przypadku, zastosowanie metody klastrowania do progowania obrazu prowadzi do nieliniowego układu równań algebraicznych, określonego na histogramie obrazu.

W pracy przedstawiono istotę progowania obrazów mikrotomograficznych metodą klastrowania oraz jej zalety i wady w odniesieniu do innych metod. Omówiono szczegółowo procedurę progowania obrazów materiałów dwu i trójskładnikowych tą metodą oraz pokazano na przykładzie zagadnienia segmentacji jednoprogowej obrazu, że metoda Otsu jest szczególnym przypadkiem segmentacji obrazu metodą klastrowania. Metodę klastrowania obrazów trójskładnikowych zilustrowano analizując obrazy próbek betonu komórkowego, w których wyznaczone progi poziomów jasności określają obszary w próbce zajęte przez pory oraz dwa składniki szkieletu: zaprawę betonową i piasek. Porównano przy tym dwie strategie klastrowania: jednoetapową z dwoma progami oraz dwuetapową wykorzystującą każdorazowo jeden próg. W pierwszej strategii wyznaczane są jednocześnie dwa progi. Natomiast, w drugiej strategii klastrowania, w pierwszym etapie wyznaczany jest próg określający obszar występowania porów w próbce, a następnie próg odseparowujący obszary występowania składników szkieletu. Pokazano, że przy wyborze strategii klastrowania należy uwzględniać różnice poziomów jasności związanych z poszczególnymi fazami, które są ściśle związane z różnicami ich gęstości.

2. Podstawy progowania obrazów metodą klastrowania

Klastrowanie jest metodą grupowania elementów zbioru obiektów na podzbiory, zwane klastrami, o podobnych cechach określonych w regułach klastrowania. W szczególnym przypadku, gdy przedmiotem klastrowania jest zbiór punktów, popularne algorytmy klastrowania jako podstawę podziału przyjmują odległość między elementami klastrów, a także miary statystyczne ich przynależności. Metody klastrowania można traktować jako wieloetapowe problemy optymalizacyjne, których algorytmy obliczeniowe wyznaczają parametry charakteryzujące klastrowany zbiór (np. liczbę klastrów i występujących w nich elementów, czy też ich charakterystyki geometryczne), zależnie od zbioru danych i celu grupowania. Jedną z metod tego typu, jest metoda k-średnich [5,6]. Metoda ta dzieli klastrowany zbiór punktów na k podzbiorów składających się z punktów o najmniejszej odległości od ściśle zdefiniowanych punktów centralnych klastrów. Klastrowanie metodą k-średnich minimalizuje wariancje wewnątrz klastrowe położenia punktów sklastrowanego zbioru.

Bezpośrednie zastosowanie metodyki klastrowania do progowania obrazów mikrotomograficznych polega na przetwarzaniu informacji zawartych w obrazach, a jej celem jest podział obrazu na obszary (podzbiory) określające przestrzenne rozmieszczenie składników (obiektów) w zeskanowanym obrazie. Podstawę przypisania danego elementu obrazu (woksela) do poszczególnych klastrów jest wartość jego poziomu jasności. Wymaga to wielokrotnego przetwarzania dużych plików reprezentujących analizowany obraz, polegającego na każdorazowym przeszukiwaniu plików. Taka forma danych zawiera informację o przestrzennym rozkładzie poziomów jasności w obrazie, która jest nie istotna przy progowaniu metodą klastrowania. Znacznie bardziej efektywną metodą jest zebranie całej informacji o poziomach jasności skanu próbki w formie jego histogramu i prowadzenie procedury klastrowania na takiej reprezentacji globalnej. W takim przypadku, procedura klastrowania przeprowadzana jest na jednowymiarowym zbiorze danych, reprezentującym poziomy jasności wokseli, a przynależność wokseli do poszczególnych klastrów jest określana na podstawie różnicy poziomów jasności woksela i wartości średniej poziomów jasności w danym klastrze. Oznacza to, że wartość graniczna poziomu jasności, rozdzielająca elementy (woksele) należące do sąsiednich klastrów jest równa połowie wartości średnich poziomów jasności w tych klastrach.

Oznaczając przez ρ poziom jasności woksela w skanie mikro tomograficznym,

$$\rho \in \langle 0, \rho_m \rangle ,$$

gdzie $\rho_m = 255$ jest maksymalną wartością poziomu jasności, natomiast przez $f(\rho)$ unormowany histogram skanu, równanie określające wartość progową ρ_t poziomów jasności podziału obrazu na dwa klastry dane będzie wzorem

$$\rho_t = (\bar{\rho}_1 + \bar{\rho}_2)/2 . \tag{2.1}$$

Przez $\bar{\rho}_1$ i $\bar{\rho}_2$ w równaniu (2.1) oznaczono wartości średnie poziomów jasności w klastrach definiowane wyrażeniami,

$$\bar{\rho}_1 = \frac{1}{p_1}\int_0^{\rho_t} \rho\, f(\rho)\, d\rho , \qquad \bar{\rho}_2 = \frac{1}{p_2}\int_{\rho_t}^{\rho_m} \rho\, f(\rho)\, d\rho \tag{2.2}$$

gdzie

$$p_1 = \int_0^{\rho_t} f(\rho)\, d\rho , \qquad p_2 = \int_{\rho_t}^{\rho_m} f(\rho)\, d\rho . \tag{2.3}$$

Ze względu na postać wyrażeń (2.2) i (2.3), równanie (2.1) jest nieliniowym równaniem algebraicznym określającym wartość graniczną ρ_t podziału histogramu obrazu na dwa klastry. Wartość ta wyodrębnia w obrazie mikro tomograficznym obszary przypisane do dwóch obiektów o różnych gęstościach.

W przypadku, klastrowania dwuprogowego obrazu mikrotomograficznego, przedstawione wyżej rozważania prowadzą do układu równań określającego dwa progi graniczne ρ_t^1 i ρ_t^2 podziału histogramu obrazu na klastry. Mają one postać

$$\rho_t^1 = (\bar{\rho}_1 + \bar{\rho}_2)/2\,, \qquad \rho_t^2 = (\bar{\rho}_2 + \bar{\rho}_3)/2\,. \tag{2.4}$$

gdzie

$$\bar{\rho}_1 = \frac{1}{p_1}\int_0^{\rho_t^1} \rho\, f(\rho)\, d\rho\,,\ \bar{\rho}_2 = \frac{1}{p_2}\int_{\rho_t^1}^{\rho_t^2} \rho\, f(\rho)\, d\rho\,, \qquad \bar{\rho}_3 = \frac{1}{p_3}\int_{\rho_t^2}^{\rho_m} \rho\, f(\rho)\, d\rho\,, \tag{2.5}$$

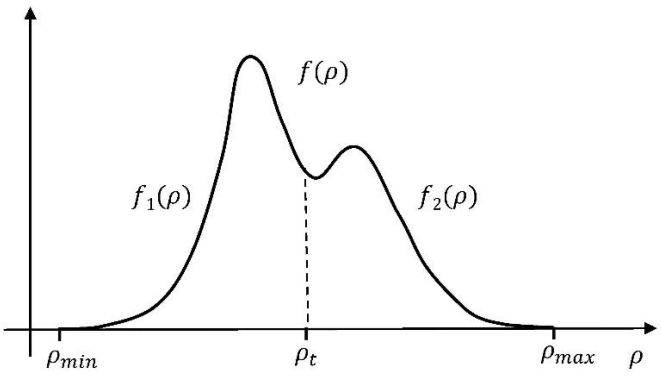
przy czym

$$p_1 = \int_0^{\rho_t^1} f(\rho)\, d\rho\,, \qquad p_2 = \int_{\rho_t^1}^{\rho_t^2} f(\rho)\, d\rho\,, \qquad p_3 = \int_{\rho_t^2}^{\rho_m} f(\rho)\, d\rho\,. \tag{2.6}$$

3. Równoważność metod klastrowania i Otsu

W tym rozdziale dowodzimy, że segmentacja obrazów metodą Otsu [3] jest szczególnym przypadkiem metody klastrowania [5,6], zastosowanej do zagadnień tego typu. Umożliwia to szczegółowe prześledzenie wzajemnych powiązań obu metod. Analizę przeprowadzimy na przykładzie histogramu skanu mikrotomograficznego próbki materiału dwuskładnikowego, przedstawionego na Rys.3.1.

W metodzie progowania Otsu, histogram $f(\rho)$ obrazu mikro tomograficznego jest dzielony na dwie części przez poszukiwaną wartość progu binaryzacji ρ_t.



Rys.3.1. Schemat podziału histogramu obrazu mikro tomograficznego w metodzie progowania Otsu.

Po unormowaniu obu części histogramu,

$$f_1(\rho) = f(\rho)/p_1\,, \qquad \text{dla} \quad \rho \in \langle \rho_{min}, \rho_t \rangle \tag{3.1}$$

$$f_2(\rho) = f(\rho)/p_2, \qquad \text{dla} \quad \rho \in \langle \rho_t, \rho_{max} \rangle \tag{3.2}$$

gdzie

$$p_1 = \int_{\rho_{min}}^{\rho_t} f(\rho)\, d\rho\,, \qquad p_2 = \int_{\rho_t}^{\rho_{max}} f(\rho)\, d\rho\,, \tag{3.3}$$

wykorzystuje się je jako rozkłady prawdopodobieństwa poziomów jasności wokseli dwóch typów, których poziomy jasności występują w dwóch odrębnych zakresach. Podział taki może być interpretowany jako przedziałowy model statystyczny histogramu skanu. Wówczas, bowiem histogram skanu $f(\rho)$ może być przedstawiony jako kombinacja liniowa rozkładów $f_1(\rho)$ i $f_2(\rho)$ poziomów jasności w poszczególnych klastrach. Mamy

$$f(\rho) = p_1 f_1(\rho) + p_2 f_2(\rho)\,. \tag{3.4}$$

Umożliwia to zdefiniowanie wyrażeń dla średnich poziomów jasności wokseli w obrazie i w obu klasach, jako funkcji progu binaryzacji:

$$\bar{\rho} = \int_{\rho_{min}}^{\rho_{max}} \rho\, f(\rho)\, d\rho\ , \quad \bar{\rho}_1 = \int_{\rho_{min}}^{\rho_t} \rho f_1(\rho)\, d\rho\ , \qquad \bar{\rho}_2 = \int_{\rho_t}^{\rho_{max}} \rho\, f_2(\rho)\, d\rho\ . \tag{3.5}$$

Zachodzą przy tym zależności

$$p_1 + p_2 = 1\ , \qquad \bar{\rho} = p_1\bar{\rho}_1 + p_2\bar{\rho}_2\ , \tag{3.6}$$

$$\bar{\rho} - \bar{\rho}_1 = p_2(\bar{\rho}_2 - \bar{\rho}_1)\ , \qquad \bar{\rho}_2 - \bar{\rho} = p_1(\bar{\rho}_2 - \bar{\rho}_1)\ . \tag{3.7}$$

Na podstawie wielkości (3.5) definiowana jest tzw. wariancja między-klasowa średnich poziomów jasności wokseli w skanie. Dana jest ona wzorem

$$\sigma_b^2 = p_1(\bar{\rho} - \bar{\rho}_1)^2 + p_2(\bar{\rho}_2 - \bar{\rho})^2\ . \tag{3.8}$$

Parametr ten jest sumą ważoną kwadratów różnic wartości średnich w każdej klasie i w całym histogramie. Jest ona miarą odchylenia średnich wartości poziomów jasności obu klas od średniej wartości poziomów jasności wszystkich wokseli w skanie.

Ze względu na zależności (3.6) i (3.7), wyrażenie (3.8) definiujące wariancję między-klasową redukuje się do postaci

$$\sigma_b^2 = p_1 p_2(\bar{\rho}_2 - \bar{\rho}_1)^2\ . \tag{3.9}$$

Wielkość ta umożliwia zdefiniowanie miary η odseparowania obu klas. Jest ona definiowana, jako iloraz wariancji między-klasowej σ_b^2 i wariancji całkowitej histogramu

$$\sigma_t^2 = \int_{\rho_{min}}^{\rho_{max}} (\rho - \bar{\rho})^2 f(\rho)\, d\rho\ . \tag{3.10}$$

Otrzymujemy

$$\eta = \sigma_b^2/\sigma_t^2\ . \tag{3.11}$$

Metoda Otsu wyznaczania progu ρ_t polega na poszukiwaniu takiej wartości tego parametru, który maksymalizuje parametr odseparowania η. Warunek konieczny wystąpienia ekstremum przyjmuje postać

$$\partial\sigma_b^2/\partial\rho_t = 0\ . \tag{3.12}$$

Różniczkując zlogarytmowaną postać wyrażenia (3.9) otrzymujemy

$$(\bar{\rho}_2 - \bar{\rho}_1)\frac{\partial p_1}{\partial \rho_t} + 2\frac{p_1(1-p_1)}{1-2p_1}\left(\frac{\partial \bar{\rho}_2}{\partial \rho_t} - \frac{\partial \bar{\rho}_1}{\partial \rho_t}\right) = 0\ . \tag{3.13}$$

Przy czym,

$$\frac{\partial p_1}{\partial \rho_t} = -\frac{\partial p_2}{\partial \rho_t} = f(\rho_t) \tag{3.14}$$

oraz

$$\frac{\partial \bar{\rho}_1}{\partial \rho_t} = \frac{1}{p_1} f(\rho_t)(\rho_t - \bar{\rho}_1)\ , \qquad \frac{\partial \bar{\rho}_2}{\partial \rho_t} = \frac{1}{p_2} f(\rho_t)(\bar{\rho}_2 - \rho_t) \tag{3.15}$$

gdzie uwzględniono (3.14).

Po podstawieniu wyrażeń (3.14) i (3.15) do warunku (3.13) i uproszczeniach, otrzymujemy

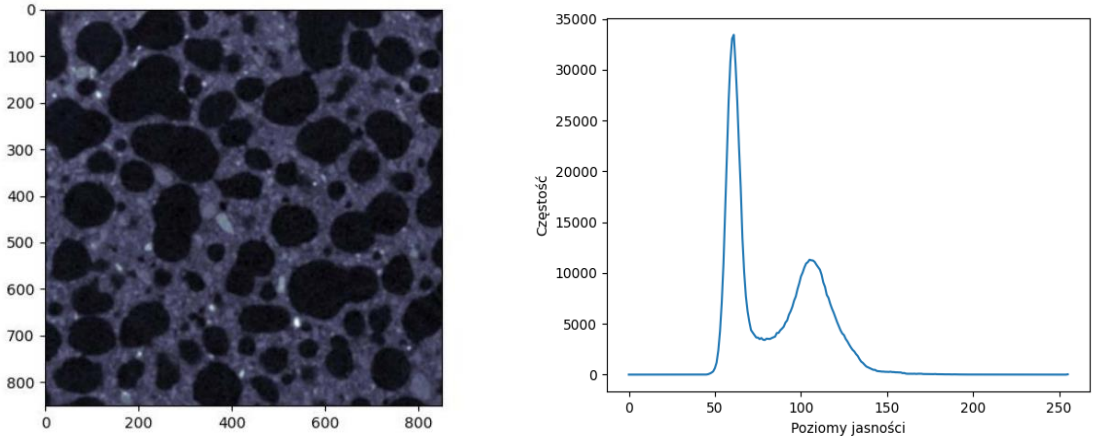
$$\rho_t = (\bar{\rho}_1 + \bar{\rho}_2)/2\ . \tag{3.16}$$

Warunek ten ma identyczną postać jak warunek (2.4) otrzymany w rozdziale drugim, w którym punkt wyjścia rozważań stanowiła metodyka klastrowania zbioru wokseli.

4. Przykłady progowania obrazów próbek materiałów

Segmentację skanów mikrotomograficznych materiałów dwu i trójskładnikowych metodą klastrowania zilustrujemy wyznaczając wartości progów poziomów jasności składników w

skanie próbki betonu komórkowego, w którym wyróżnić można trzy główne składniki: pory wypełnione powietrzem oraz szkielet złożony z zaprawy betonowej i ziaren zmielonego piasku.



Rys.4.1. Przykładowy tomogram skanu próbki betonu komórkowego (a) i jego histogram (b).

Na Rys.4.1*a* przedstawiono przykładowy tomogram skanu badanej próbki betonu komórkowego, a na Rys.4.1*b* histogram tego skanu. Niskie wartości poziomów jasności (ciemne woksele) na tych rysunkach reprezentują materiał o niskiej gęstości, natomiast wartości wysokie (jasne woksele) reprezentują materiał o dużej gęstości. Na wykresie histogramu próbki skanu występują dwa wyraźne ekstrema częstości występowania wokseli w próbce. Pierwsze z nich może być przypisane wokselom typu pora, a drugie, wokselom obu składników szkieletu. Rozmyty charakter reprezentacji poziomów jasności składników próbki w jej skanie jest konsekwencją niedoskonałości procesu skanowania i rekonstrukcji obrazu mikrotomograficznego wynikającej z ograniczeń fizycznych wykorzystywanego sprzętu oraz procedur rekonstrukcji. Przy czym rozróżnialność poziomów jasności wokseli reprezentujących składniki próbki jest tym większa, im większe są różnice ich gęstości. Brak wyraźnego rozseparowania poziomów jasności wokseli reprezentujących składniki szkieletu jest spowodowany małą różnicą ich gęstości.

Proces segmentacji skanu próbki betonu komórkowego zilustrowano analizując dwie strategie klastrowania: jednoetapową z dwoma progami oraz dwuetapową wykorzystującą każdorazowo jeden próg. W pierwszej strategii wyznaczane są jednocześnie dwa progi. Natomiast, w drugiej strategii klastrowania, w pierwszym etapie wyznaczany jest próg określający obszar występowania porów w próbce, a następnie próg odseparowujący obszary występowania składników szkieletu.

Klastrowanie dwuprogowe

Nieliniowy układ równań (2.4) określający wartości dwóch progów segmentacji mikrotomograficznego skanu próbki betonu komórkowego rozwiązano metodą iteracyjną. Dla histogramu skanu przedstawionego na Rys.4.1*b* otrzymano następujące wartości graniczne poziomów jasności:

$$\rho_t^1 = 81\,, \qquad \rho_t^2 = 111\,. \tag{4.1}$$

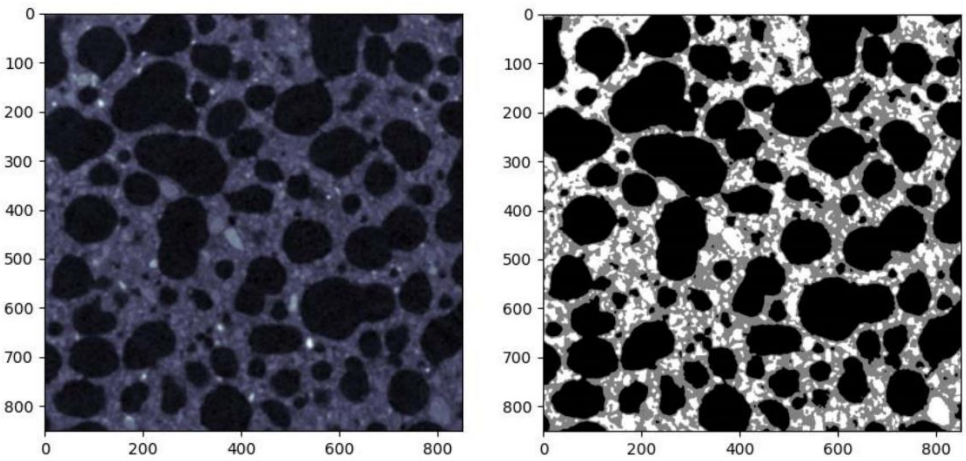
Woksele w skanie próbki betonu o wartościach poziomów jasności spełniających nierówności:

$$\rho \le \rho_t^1\,, \quad \rho_t^1 < \rho < \rho_t^2\,, \qquad \rho \ge \rho_t^2\,, \tag{4.2}$$

reprezentują odpowiednio pory, zaprawę betonową oraz ziarna zmielonego piasku. Wartości udziałów objętościowych składników próbki betonu otrzymane na podstawie wartości progów (4.1) wynoszą odpowiednio:

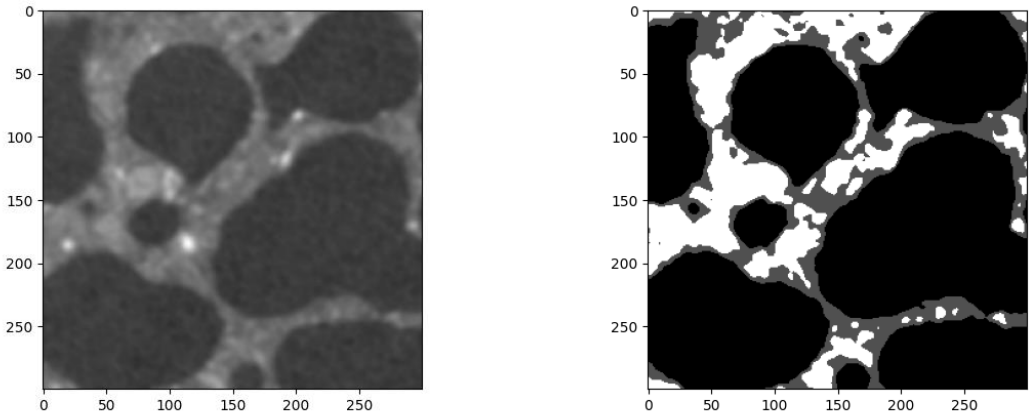
$$f_1 = 0.512\,, \qquad f_2 = 0.313\,, \qquad f_3 = 0.175\,. \tag{4.3}$$

Na Rys.4.2 przedstawiono zestawienie oryginalnego obrazu tomogramu próbki betonu komórkowego oraz jego zsegmentowany obraz, otrzymany metodą klastrowania dwuprogowego. Na Rys.4.3 przedstawiono natomiast powiększone fragmenty o wymiarach 300×300 wokseli obrazów przedstawionych na Rys.4.2.



Rys.4.2. Przykładowy tomogram skanu próbki betonu komórkowego (a) i jego zsegmentowany obraz otrzymany metodą klastrowania dwuprogowego (b).

Biorąc pod uwagę, że zmielone ziarna piasku w zaprawie cementowej powinny tworzyć dyskretną strukturę, obecność wielu obszarów białego koloru o postrzępionym kształcie, reprezentujących ziarna piasku w zsegmentowanym obrazie skanu (Rys.4.3*b*) świadczy o zbyt niskiej wartości progu ρ_t^2 dzielącego woksele składników szkieletu, wyznaczonego metodą klastrowania dwuprogowego. Oznacza to, że wyznaczony na tej podstawie udział objętościowy piasku f_3 w próbce betonu jest zawyżony. W konsekwencji, podważa to zasadność stosowania metody klastrowania dwuprogowego do progowania skanów materiałów o małej różnicy gęstości.

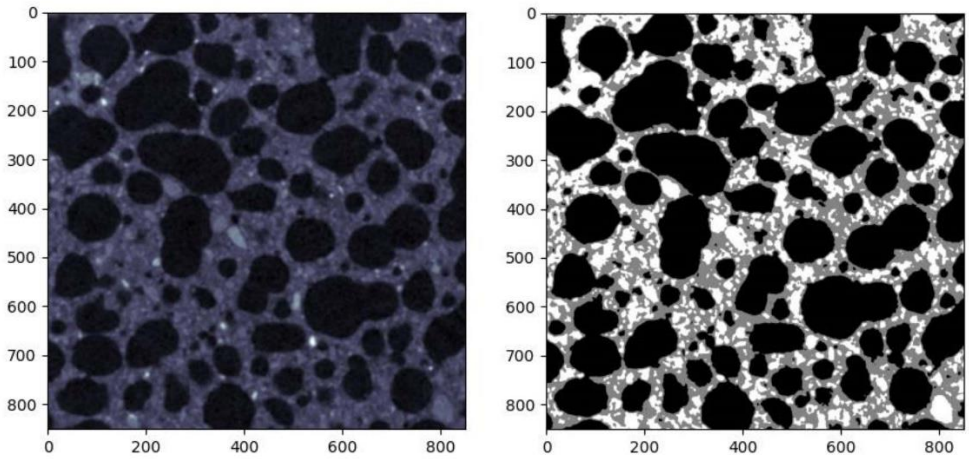


Rys.4.3. Fragment przykładowego tomogramu skanu próbki betonu komórkowego (a) przedstawionego na Rys.4.2 o rozmiarach 300×300 *wokseli i jego zsegmentowany obraz otrzymany metodą klastrowania dwuprogowego (b).*

Dwuetapowe klastrowanie jednoprogowe

Przy realizacji strategii dwuetapowego klastrowania jednoprogowego, najpierw wyznaczana jest wartość progu dzieląca woksele skanu próbki betonu komórkowego na zbiory reprezentujące przestrzeń porów i szkielet, a następnie wyznaczony zbiór wokseli szkieletu dzielony jest na woksele reprezentujące zaprawę betonową oraz zmielone ziarna piasku. W obu etapach wartość progu otrzymano rozwiązując iteracyjnie nieliniowe równanie (2.1). W pierwszym etapie wykorzystano cały histogramu skanu przedstawiony na Rys.4.1*b*, natomiast w drugim etapie wykorzystano część histogramu, których poziomy jasności zostały przypisane szkieletowi przez próg wyznaczony w pierwszym etapie. Otrzymano następujące wartości graniczne poziomów jasności:

$$\rho_t^1 = 86\,, \qquad \rho_t^2 = 112\,. \tag{4.4}$$

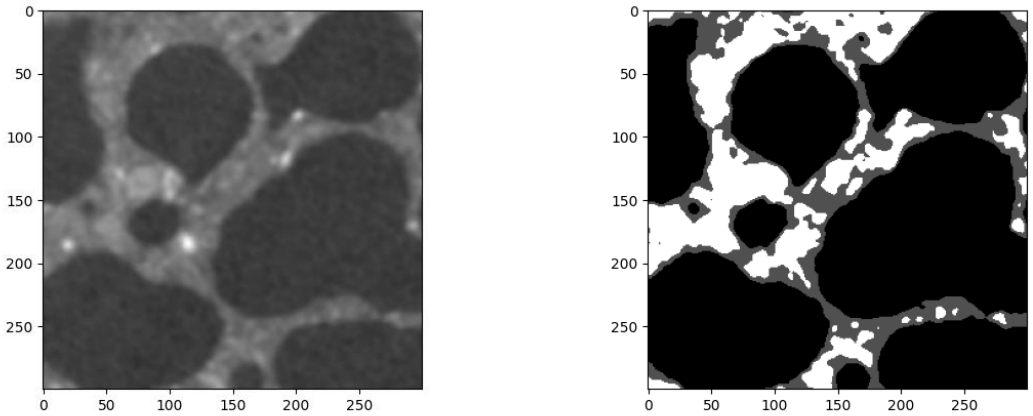


Rys.4.4. Przykładowy tomogram skanu próbki betonu komórkowego (a) i jego zsegmentowany obraz otrzymany dwuetapową metodą klastrowania jednoprogowego (b).

Wartości udziałów objętościowych składników próbki betonu otrzymane na podstawie wartości progów (4.4) wynoszą odpowiednio:

$$f_1 = 0.538\,, \qquad f_2 = 0.292\,, \qquad f_3 = 0.170\,. \tag{4.5}$$

Na Rys.4.4 przedstawiono zestawienie oryginalnego obrazu tomogramu próbki betonu komórkowego oraz jego zsegmentowany obraz, otrzymany dwuetapową metodą klastrowania jednoprogowego. Na Rys.4.5 przedstawiono natomiast powiększone fragmenty o wymiarach 300×300 wokseli obrazów przedstawionych na Rys.4.4.



Rys.4.5. Fragment przykładowego tomogramu skanu próbki betonu komórkowego (a) przedstawionego na Rys.4.2 o rozmiarach 300×300 *wokseli i jego zsegmentowany obraz otrzymany dwuetapową metodą klastrowania jednoprogowego (b).*

Z porównania wartości progów ρ_p dzielących woksele skanu próbki betonu komórkowego na zbiory reprezentujące przestrzeń porów i szkielet, wyznaczone obiema metodami klastrowania, wynika, że wartość tego progu istotnie zależy od przyjętej strategii progowania metodą klastrowania. W konsekwencji dotyczy to także wartości parametrów udziałów objętościowych porów i szkieletu w próbce skanu. Wartości te wyznaczone metodą klastrowania dwuprogowego i dwuetapowego klastrowania jednoetapowego wynoszą odpowiednio: $f_1 = 0.512$ oraz $f_1 = 0.538$. W przypadku skanów betonu komórkowego, ze względu na duże różnice gęstości szkieletu i porów wypełnionych powietrzem, uzasadniony jest wybór strategii dwuetapowego klastrowania. Wyklucza to bowiem wpływ błędu wyznaczania progu składników szkieletu na wartość progu podziału skanu na zbiory reprezentujące przestrzeń porów i szkielet. Z otrzymanych wartości udziałów wynika, że klastrowanie dwuprogowe zaniża wartość udziału objętościowego porów.

5. Uwagi końcowe i wnioski

W pracy przedstawiono i porównano dwie strategie realizacji metody klastrowania obrazu mikro tomograficznego materiału trójskładnikowego. Strategie te zilustrowano analizując obraz mikrotomograficzny betonu komórkowego. Wyznaczono progi i udziały objętościowe trzech składników: porów, zaprawy betonowej oraz ziaren zmielonego piasku. Analiza wykazała, że wartości tych parametrów istotnie zależą od przyjętej strategii progowania. W przypadku progowania skanów betonu komórkowego, duża różnica gęstości szkieletu i porów wypełnionych powietrzem, uzasadnia preferowanie strategii dwuetapowego klastrowania. Wyklucza to bowiem wpływ błędu wyznaczania progu składników szkieletu jaki ma miejsce przy klastrowaniu dwuprogowym.

Główną zaletą wykorzystania metody klastrowania do segmentacji obrazów mikrotomograficznych jest jej relatywnie prosta procedura obliczeniowa, wynikająca z prostych zasad leżących u podstaw tej metody. Kluczowym elementem tej metody jest pojęcie elementu centralnego klastra, który w przypadku segmentacji obrazów jest definiowany jako wartość średnia poziomów jasności wokseli w klastrze. Wykorzystuje się przy tym uproszczony, przedziałowy model statystyczny histogramu skanu jako kombinacji liniowej rozkładów poziomów jasności w poszczególnych klastrach. Decyduje to o wartości progów wyznaczonych tą metodą, a w konsekwencji także o jakości przeprowadzonej segmentacji obrazu.

Ocena jakości segmentacji obrazu metodą klastrowania wymaga porównania wyników tej metody z wynikami metody opartej na bardziej zaawansowanym statystycznym modelu histogramu, np. modelu mieszaninowym [7], w którym unormowany histogram skanu jest kombinacją liniową rozkładów poziomów jasności wokseli reprezentujących składniki zeskanowanego materiału, określonym na całym zakresie poziomów jasności. W takim przypadku, procedura segmentacji skanu może być oparta na pełnej informacji statystycznej zawartej w histogramie. Porównanie obu metod będzie przedmiotem odrębnej pracy.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”

Literatura

1. Rajagopalan S., Yaszemski M.J., Robb R. (2004) Evaluation of thresholding techniques for segmenting scaffold images in tissue engineering. Proc SPIE 5370:1456–1465.
2. Ding M., Odgaard A., Hvid I. (1999) Accuracy of cancellous bone volume fraction measured by micro-CT scanning. J Biomech 32:323–326.
3. Otsu N. (1979) Threshold selection method from gray-level histograms. IEEE Trans Syst Men Cybern SMC 9:62–66.
4. Liu, D., & Yu, J. (2009, August). Otsu method and K-means, IEEE 2009 Ninth International conference on hybrid intelligent systems (Vol. 1, pp. 344-349).
5. Forgy, E. W. (1965). Cluster analysis of multivariate data: efficiency versus interpretability of classifications. Biometrics, 21, 768-769.
6. Lloyd, S. (1982). Least squares quantization in PCM. IEEE transactions on information theory, 28(2), 129-137. DOI: 10.1109/TIT.1982.1056489.
7. McLachlan G., Peal D. (2000) Finite mixture models. Wiley, New York.

IMPACT OF DIGITAL TECHNOLOGIES ON THE FASHION INDUSTRY

Mytsa V.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. In the field of fashion and clothing design, there is an active implementation of software for 3D modeling and creation of digital products. These innovative tools are gradually replacing the traditional methods of designing clothing collections and becoming the new standard in the fashion industry. The emergence of the metauniverse leads to a paradigm shift in the understanding and interpretation of the fashion world. Digital technologies are becoming an integral part of the processes of design, production and promotion of fashion goods, opening up new opportunities for increasing efficiency, personalization and interaction with consumers. Therefore, the work analyzes the key technologies of digital transformations in the fashion industry.
As digital copies of physical garments become an integral part of the design and production process in the fashion industry, they represent valuable digital assets that can be seen as an extension of a brand's intellectual property. Therefore, the work details the goals of creating digital clothing and their justification.
Keywords: digital clothing, digital assets, intellectual property, metaverse.

Introduction

In recent years, there has been a rapid rise in the integration of advanced technologies in various industries, including fashion and textile industries. Digitization of production processes and the growing role of digital solutions have become defining trends of the Industry 4.0.

Features of Industry 4.0. there are fully automated productions managed in real time taking into account changing external conditions. Cyber-physical systems create virtual models of physical objects, control physical processes and make detailed decisions. These systems are capable of real-time collaboration, self-configuration and learning. A key role is played by Internet technologies that provide communication between personnel and machines. Enterprises carry out production, taking into account the individual requirements of the customer and optimizing the cost of production. Research [1] examines the impact of Industry 4.0 on the global fashion apparel business and demonstrates that the implementation of such technologies can contribute to increased production efficiency, reduced costs, increased customer satisfaction, increased sales and updated stakeholder skills.

In the field of fashion and clothing design, there is an active adoption of software for 3D modeling and digital product creation (DPC). These innovative tools are gradually replacing traditional methods of developing clothing collections and becoming a new standard for relevant fashion brands [2]. The use of 3D CAD and DPC makes it possible to virtually visualize models in a realistic three-dimensional environment even before the stage of physical prototyping [3]. This significantly reduces production costs, accelerates cycle times and reduces the need to create large numbers of physical garment samples.

In addition, digital materials such as high-quality 3D textures of fabrics, accessories and decorative elements are gaining unprecedented importance in the process of designing clothes. They provide high fidelity visualization and help designers predict the final appearance of products at the digital stage. The spread of digital materials and 3D visualization technologies opens up new opportunities to optimize production cycles, reduce waste and accelerate the release of new product collections to the market in the fashion industry.

Technologies of digital transformations in the fashion industry

The textile and apparel industry plays a significant role in the global economy, influencing international trade, employment levels, investment inflows and overall incomes. In

recent decades, the world's consumption of textiles has increased, mainly due to population growth and improved living standards. Such demand for textiles causes a significant expansion of textile and garment enterprises, which stimulates economic growth and development of this industry.

The emergence of the metauniverse leads to a paradigm shift in the understanding and interpretation of the fashion world. Digital technologies are becoming an integral part of the processes of design, production and promotion of fashion goods, opening up new opportunities for increasing efficiency, personalization and interaction with consumers.

The use of virtual reality (VR) and augmented reality (AR) technologies allows unhindered study of three-dimensional environments [4]. AR applications allow consumers to "try on" digital clothing models using a smartphone camera or special AR glasses. This provides an interactive and personalized shopping experience, increasing customer engagement and brand loyalty.

The use of the Metaverse in the digital economy of fashion gives designers ample opportunities to create environmentally sustainable brands and support suppliers who adhere to the principles of sustainable development [5]. The communities and social interactions of the Metaverse create unique opportunities for the formation of communities of fashion fans and interaction between brands and consumers. In the digital space, customers can communicate, exchange ideas, receive personalized recommendations and participate in special events and activities related to fashion.

The rapid development of 3D printing technology has brought more innovative inspiration to the design of products in the fashion industry [6]. Leading fashion brands are using 3D printing to produce concept prototypes and limited edition collections of shoes, bags and jewelry. This technology provides unprecedented design flexibility, allowing for the creation of complex geometric shapes and textures.

The era of digital technologies also facilitates the massive collection and analysis of data on consumer behavior, preferences and trends. The use of advanced analytical tools and machine learning technologies allows brands to create personalized recommendation systems, more accurately forecast demand and optimize supply chains [7].

In addition, generative clothing design using artificial intelligence is becoming a new paradigm in the process of developing fashion products [8]. Artificial intelligence algorithms can generate new ideas and design concepts based on given parameters and training data, helping designers to expand their creative potential.

Blockchain technology is also used in the fashion industry, ensuring transparency of supply chains and product authenticity [9]. Blockchain solutions allow tracking the origin of materials, production conditions and logistics processes, guaranteeing consumers reliable information about the goods they buy.

The performed analysis of digital technologies in the fashion industry, which contribute to the automation and optimization of the processes of production, design, marketing and sale of clothes, made it possible to highlight the key ones, which are presented in Figure 1.

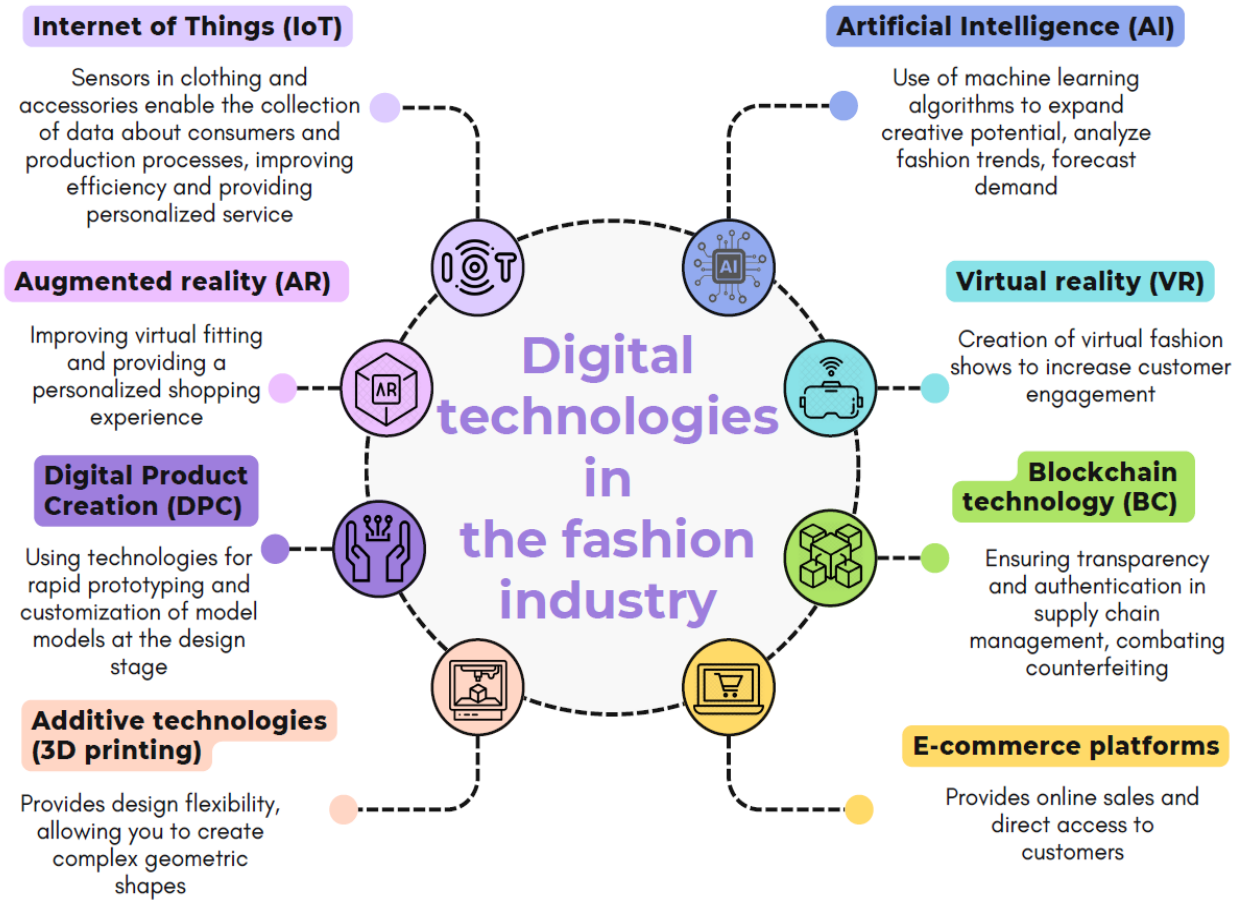


Fig. 1. Key digital technologies in the fashion industry

All these digital technologies greatly simplify and improve all aspects of the production, marketing and sale of clothing, which helps companies in the fashion sector to be more competitive and efficient. The metaverse is a new type of digital environment that combines the physical and virtual worlds with the help of augmented and virtual reality technologies, as well as interactive 3D environments. This concept has significant potential to transform the fashion industry and create new opportunities for brands and consumers. Despite the significant potential, the implementation of Metaverses in the fashion industry also poses certain challenges, such as issues of data privacy, security and regulation of digital assets.

Digital assets in the fashion industry: new horizons of intellectual property

Traditionally, the fashion industry has relied on physical prototypes and sketches to design and then manufacture garments. In today's digital world, the fashion industry is rapidly transforming, adapting to new technological trends. This digital transformation opens up new opportunities for brands in the field of intellectual property and the creation of unique digital assets – digital doppelgangers. A digital double is a digital copy or recording of a physical garment that is created using 3D software and other digital tools [10]. They may be protected by copyright law and used to protect design ideas and concepts.

Nowadays, digital duplicates or digital copies of physical garments are becoming an integral part of the design and production process in the fashion industry. These high-quality 3D models, textures and renderings represent valuable digital assets that can be seen as an extension of a brand's intellectual property. They contain the unique ideas, concepts and creative intent of the designer and therefore have the potential to be protected as intellectual property.

The emergence of digital assets as a form of intellectual property requires appropriate legal mechanisms and regulation. The issues of copyright, trademarks and patents for digital

duplicates of clothing need careful consideration and unification at the international level. Some jurisdictions are already considering recognizing digital assets as intellectual property, but additional efforts are needed to create a clear and balanced regulatory framework.

The emergence of the concept of Metaverses and the growing popularity of virtual worlds have opened up new opportunities for the development of digital clothing. This revolutionary trend is changing traditional notions of fashion and offering new ways of interacting with consumers in the digital space. Digital clothing is a virtual product that can be a realistic digital replica of a physical garment or an entirely new conceptual design that is difficult or impossible to implement in the real world. Digital clothing is typically intended for use in metaverses, video games, social media, and other digital environments. There are many reasons for creating digital clothing. Table 1 shows the main goals and rationale for creating digital clothing.

Table 1. Reasons for creating digital clothing and their rationale

REASON	JUSTIFICATION
Saving time and resources	• Digital clothing does not require physical materials such as fabric, hardware, threads • Digital prototypes allow designers to visualize and test their ideas without creating physical samples • Significant savings in time and money traditionally spent on developing and manufacturing a physical product
Reducing the impact on the environment	• Clothing production harms the environment by polluting water and soil, emitting greenhouse gases • Digital clothing does not need to be disposed of and its production does not have a similar negative impact on the environment
New design possibilities	• Digital tools make it possible to create innovative and complex designs that cannot be realized using traditional methods • It is possible to use virtual textures, patterns and prints that cannot be applied to physical fabrics
Personalization	• Digital clothing is easily personalized to the customer's needs • Digital clothing easily changes color, style, decoration, prints
Virtual fitting	• Digital clothing is widely used for virtual fitting • Digital clothing enables the ability to measure clothes online before buying
Marketing and advertising	• Digital clothing is widely used to create 3D models and visualizations for marketing campaigns • With the help of digital clothing, they create more interactive and interesting advertising for customers
Intellectual Property	• Digital clothing can become independent digital intellectual property • Digital clothing copyrights can generate relevant revenues
New business models	• Digital clothing opens up opportunities for new business models, such as selling digital collections, virtual showrooms, renting digital clothes • Possibility of online shopping
Accessibility	• Digital clothing can make fashion more accessible to people with different body types • Digital clothing can make fashion more accessible to people of all incomes
Uniqueness	• Blockchain technology allows brands to create unique and counterfeit-proof digital goods; • Blockchain technology makes it possible to confirm the authenticity of the product
Experiments	•Digital clothing enables designers to experiment with new forms and ideas without being limited by traditional methods •Digital clothing enables designers to create creative types of designs and products as a whole

It thus becomes clear that digital clothing creation is a dynamic and rapidly growing field that has significant potential to transform the fashion industry. These digital products can be sold and bought in Metaverses, providing brands with new revenue streams and expanding their presence in the virtual space.

It is important for brands looking to succeed in the digital age to keep up with these innovations and use digital doppelgangers to enhance their business.

Conclusion

Digital product creation methods are changing the fashion industry, from design to product development, sampling and all the way to e-commerce. As technology advances and the need for fast and responsible design, materials sourcing grows, the demand for flexible digital materials that match technological fabrics is likely to grow. Given the rapid transition to the creation of large-scale digital products, the fashion industry faces new challenges in harnessing the power of digital methods and materials while remaining connected to what is physically achievable.

Digital assets in the fashion industry play an important role in ensuring the competitiveness of brands, protecting intellectual property and ensuring rapid production and marketing of products. Their use opens up new opportunities for the development of the fashion industry and the creation of more innovative and effective products.

Reference

1. Hui, G., Rusli, R. D., Aris, A. (2023). Remodeling the Traditional Fashion Industry in the Era of Industry 4.0. International Journal of Global Optimization and Its Application, 2(3), 165–178. https://doi.org/10.56225/ijgoia.v2i3.259.
2. Ogunyemi, A.A., Diyaolu, I.J., Awoyelu, I.O., Bakare, K.O., Oluwatope, A.O. (2023). Digital Transformation of the Textile and Fashion Design Industry in the Global South: A Scoping Review. Towards new e-Infrastructure and e-Services for Developing Countries. AFRICOMM 2022. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol 499. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-34896-9_24.
3. Kiliç, N., Ceylan, Ö. (2024). The Use of Innovative 3D Simulation Tools in Fashion Boutiques. Proceedings of the Joint International Conference: 10th Textile Conference and 4th Conference on Engineering and Entrepreneurship. ITC-ICEE 2023. Lecture Notes on Multidisciplinary Industrial Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-48933-4_42.
4. Gondoputranto, O., Raharja, G., Ratna, T., Pebryani, N. (2024). The Digital Paradox when Future and Tradition Co-Exist Contemporary Fashion with Augmented Reality. ARCHive-SR, 8, 33-48. https://doi.org/10.21625/archive.v8i1.1049.
5. Periyasamy, A.P., Periyasami, S. (2023). Rise of digital fashion and metaverse: influence on sustainability. Digital Economy and Sustainable Development, 1, 16. https://doi.org/10.1007/s44265-023-00016-z.
6. Polishchuk, A., Slavinska, A., Polishchuk, O., Mytsa, V. (2023) Production of details of difficult designs of footwear and clothes with use of technologies of additive production. AIP Conference Proceedings, 7, 2889 (1): 040009. https://doi.org/10.1063/5.0172971.
7. Casciani, D., Chkanikova, O., Pal, R. (2022). Exploring the nature of digital transformation in the fashion industry: opportunities for supply chains, business models, and sustainability-oriented innovations. Sustainability: Science, Practice and Policy, 18. 773-795. https://doi.org/10.1080/15487733.2022.2125640.

8. Alwy, D., R. (2024). The Integration of Artificial Intelligence in the Fashion Industry and Its Impact on Sustainable Fashion: A Systematic Literature Review. Advances in Intelligent Manufacturing and Robotics. ICIMR 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 845. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-8498-5_17.
9. Cuc, S. (2023). Unlocking the Potential of Blockchain Technology in the Textile and Fashion Industry. FinTech, 2, 311-326. https://doi.org/10.3390/fintech2020018.
10. Kolosnichenko, M., Yezhova, O., Pashkevich, K., Kolosnichenko, O., Ostapenko, N. (2022). The Use of Modern Digital Technologies in the Design and Technology VET in Ukraine. Journal of Technical Education and Training, 13. https://doi.org/10.30880/jtet.2021.13.04.005.

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF ANTISEPTIC SUBSTANCES FOR RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES OF ANTIMICROBIAL TREATMENT OF CELLULOSE-CONTAINING MATERIALS

Nehorui V.[1], Paraska O.[1], Buratowski T.[2]
[1] Khmelnytskyi National University, Ukraine
[2] AGH University of Krakow, Poland

Abstract. The textile industry always takes a leading place in the rating of consumer activity. Regardless of the existing assortment of textile industry products, manufacturers continue the search for the ways and methods to improve the quality and safety of textile materials, in particular cellulose-containing ones. Technologies for the production and use of cellulose-containing textile products are significant expenditures of natural and labor resources that significantly affect the state of the environment and human health. Therefore, considerable attention is paid in the world to the ecological use of cellulose-containing materials, which involves control over the technological processes of production and disposal of things. To reduce the dangerous impact and improve the environmental situation in the world, systematic use of resource-saving technologies for processing cellulose-containing textile products is introduced. Taking into account that one of the most common factors of the destruction of textile fibers, and accordingly the reduction of the shelf life of materials, is microbiological destruction, today the field of antimicrobial treatment of textile materials is actively developing.

The comprehensive analysis of the physico-chemical properties and features of the application of domestic antiseptics in the antimicrobial treatment technologies of cellulose-containing materials was carried out. A comparative evaluation of the effectiveness of modern antiseptic agents was carried out.

It has been confirmed that the use of antiseptic drugs in antimicrobial treatment technologies helps to preserve the consumer properties of cellulose-containing materials. The results of the study of bursting strength and bursting distension, stiffness and durability confirmed the effectiveness of the use of antiseptic agents for high-quality antimicrobial treatment of cellulose-containing products. It should be noted that antiseptics can be used as a basis for creating individual preparations for a specific range of products and antimicrobial protection.

The obtained experimental data showed that among the investigated antiseptic substances, the biguanide derivative has a wide spectrum of action. An analysis of the production of a biguanide derivative in Ukraine in comparison with other antimicrobial agents shows that the cost of this agent is lower than that of hydrogen peroxide, a quaternary ammonium salt. In addition, the production of biguanide derivatives is carried out by various manufacturers in different regions of Ukraine, which allows biguanide derivatives to be widely available for consumer needs.

The use of the researched antiseptic agents in the antimicrobial treatment technologies of cellulose-containing materials in industrial and domestic conditions ensures high-quality antimicrobial treatment, preservation of the consumer properties of products and healthy microflora of human skin. Thus, with the help of antiseptics of domestic production, compliance with sanitary and hygienic requirements in everyday conditions is ensured for consumers, and opportunities are created for industries to expand the range of domestic chemical products, mobile resource-saving production, and create jobs, which, in general, will contribute to the post-war recovery of Ukraine.

Keywords: Antiseptic substances, antimicrobial treatment, cellulose, antimicrobial textiles, biguanide derivatives, quaternary ammonium salts

Introduction

The application of antiseptic substances is an important requirement for maintaining sanitary and hygienic conditions for consumers. Such solutions prevent the development of harmful bacteria and viruses, reduce the likelihood of infection with infectious diseases. The outbreak of COVID-19, military actions on the territory of Ukraine have a significant impact on increasing the demand for antiseptics [1, 2]. To meet the growing global demand for antiseptic preparations, the WHO called on industry and governments to expand the production of antimicrobial agents [3]. In addition, in the process of creating antimicrobial agents, unique

and new technologies are used to develop, manufacture and sell products to various end users based on the level of protection required for different occupational risks [1-3].

In the technologies of antimicrobial treatment, it is necessary to combine the balance between the antiseptic effect and the safety of the use of drugs. This is a very difficult task as these two functions usually contradict each other.

It should be noted that socio-ecological aspects are important in the production of antiseptics. For example, issues of using safe components in production, as well as antimicrobial surface treatment technologies, are raised, since antiseptics provide general protection against infection, help reduce the frequency of diseases and prevent bacterial and microbial formations from entering the human organism [1, 3, 4-6].

Thus, the study of the effectiveness of available preparations for antimicrobial treatment of surfaces, which will improve the quality of surface disinfection, the safety of the technology is actual, and will expand the range and technologies for the use of antiseptic preparations. This will contribute to the solution of current socio-economic problems of the application of resource-saving technologies of antimicrobial treatment using domestic antiseptic substances and take into account the factors of safe use of natural resources (sustainability), which ensure the ecological and social safety of the use of modern antiseptics for the needs of consumers.

The textile industry always takes a leading place in the rating of consumer activity. Regardless of the existing assortment of textile industry products, manufacturers continue the search for the ways and methods to improve the quality and safety of textile materials, in particular cellulose-containing ones [7, 8]. Technologies for the production and use of cellulose-containing textile products are significant expenditures of natural and labor resources that significantly affect the state of the environment and human health. Therefore, considerable attention is paid in the world to the ecological use of cellulose-containing materials, which involves control over the technological processes of production and disposal of things. To reduce the dangerous impact and improve the environmental situation in the world, systematic use of resource-saving technologies for processing cellulose-containing textile products is introduced. Taking into account that one of the most common factors of the destruction of textile fibers, and accordingly the reduction of the shelf life of materials, is microbiological destruction, today the field of antimicrobial treatment of textile materials is actively developing [3, 6].

Biocidal substances used for the purpose of antimicrobial treatment are not always sufficiently safe for the environment and human health. Therefore, the presented scientific project is dedicated to the search for human and the environment friendly, available antiseptic agents, and the analysis of their effectiveness for resource-saving technologies of antimicrobial treatment of cellulose-containing materials.

The expediency of the widespread application of antimicrobial agents alone or in combination with traditional biocidal preparations to protect textiles from fiber-destroying and human-pathogenic microorganisms is due to a number of reasons.

The main ones include [9, 10]:

- expanding the possibilities of using antimicrobial agents to ensure the necessary environmental safety of textile materials and products of various production methods obtained from cellulose-containing textile raw materials;
- minimization of biodamage by cellulose-destroying microorganisms of those types of textile cellulose-containing materials and products, the operation of which occurs at high relative humidity and temperature;
- optimization of the impact of microorganisms pathogenic for humans in linen, clothing, interior, medical textile cellulose-containing materials and products, use of antimicrobial agents for their surface modification.

As known, in the practice of textile production, various technologies of processing textile materials with antimicrobial agents are used.

The main ones include [11]:

- impregnation of materials with solutions or dispersions of antimicrobial agents followed by drying;
- introduction of antimicrobial agents into finishes used for the final treatment of textile materials;
- application of antimicrobial agents in the process of dyeing and furnishing of materials, as well as their fixation due to the formation of chemical bonds between the antimicrobial agent and the fiber.

At the same time, in each case, the objective is not only to give the textile material the desired antimicrobial effect, but also to preserve the consumer properties of the products.

One of the most common methods of antimicrobial treatment [6, 7, 9], used in the textile industry, is the impregnation technology. The impregnation technologies are distinguished as follows:

- finishing (introduction of a chemical agent at the last stage of production – the coloring stage) or finishing in the process of product care;
- late injection (the fabric is modified at the stage of yarn creation, and the agent is injected directly into the polymer fiber);
- inoculation (the tissue is bombarded with charged particles containing an antibacterial agent).

Thus, the wide application of antiseptics in the technologies of antimicrobial treatment of cellulose-containing materials will support the development of medical, pharmaceutical, and light industries.

Research methodology

In antimicrobial treatment technologies, antiseptics prevent normal biochemical processes due to inactivation or inhibition of the activity of some enzyme systems, cessation of redox processes, denaturation or dehydration of protoplasm proteins of a microbial cell [12]. At the same time, they create unfavorable conditions for the development and reproduction of microorganisms (bacteriostatic type of action of antimicrobial agents). Disinfectants lead to irreversible changes in the protoplasm of cells, which leads to the rapid death of microbes (bactericidal type of action of antimicrobial agents).

The activity of the means depends on the concentration of the preparations, the duration of action, the temperature of the environment, the degree of sensitivity of the pathogen, the presence of protein and other organic substances. With an increase in the temperature of the environment, the activity of antimicrobial agents increases, with a high level of microbial contamination of the focus of infection, it decreases. The interaction of microorganisms with antiseptics or disinfectants can be represented in the following sequence (Fig. 1):

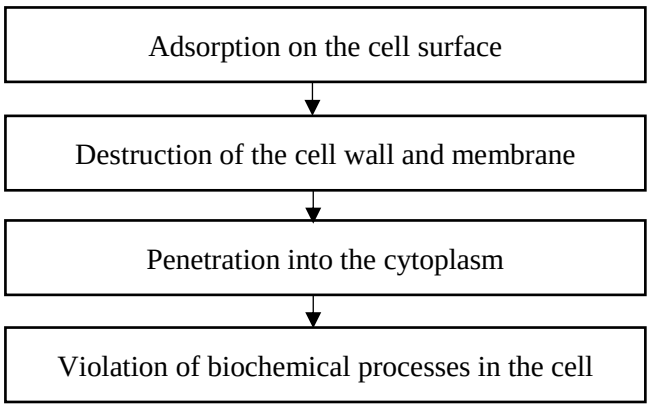


Fig. 1. – Scheme of interaction of microorganisms with antiseptic agents

The mechanism of interaction of antimicrobial substances with microorganisms is determined by their morphology. Most of these substances exhibit intracellular activity, which is often determinative. The main mechanisms of action of antimicrobial agents on microorganisms are the following:

- crosslinking of DNA, RNA proteins;
- damage to the cytoplasmic membrane involving phospholipid proteins;
- binding, oxidation of enzymes;
- formation of free radicals.

Factors that affect the antimicrobial activity of antimicrobial agents are:

- attainability of bacteria (there must be contact of antimicrobial agents with microorganisms);
- temperature (the activity of all antimicrobial agents increases with an increase in temperature);
- concentration should not be lower than recommended;
- volume, with the same concentration, the effectiveness of antimicrobial agents is higher, the larger its volume;
- pH - some antimicrobial agents are sensitive to changes in pH, for example, substances based on glutaraldehyde are active only in an alkaline environment;
- time, under the same conditions, gram-positive bacteria die faster than gram-negative bacteria. Among antimicrobial agents, alcohol and chlorine act the fastest, the effectiveness of which is achieved in 2 minutes on a clean surface in direct contact with bacteria;
- inactivation of antimicrobial agents can occur in the presence of soaps, detergents, and hard water.

Information about the chemical composition and properties of antimicrobial agents allows predicting the mechanism of inactivation. For example, glutaraldehyde, hypochlorite, ethylene oxide, hydrogen peroxide actively react with amino- and sulfhydryl groups, and can show virulicidal or bactericidal effects. Vegetative forms of microorganisms are exposed to the action of antimicrobial agents, as a result of which a bacteriostatic effect is observed. Only high concentrations of antimicrobial agents, for example, oxidizing agents, have a bactericidal effect. For some preparations (chlorhexidine, phenols, alcohols), high concentrations provide such an effect only at increased temperatures.

Antiseptic medical solutions delay the reproduction of microorganisms. They are applied to disinfect skin and cavities, mucous membranes, infected and non-infected wounds.

Disinfectant solutions preparations are preparations used to destroy pathogens of infectious diseases in the environment. They are used to treat surfaces, objects and secretions of the patient.

The division of this group of medicines into antiseptics and disinfectants is quite conditional, since depending on the concentration, they can be used both as an antiseptic as well as a disinfectant.

According to the ATC Classification System (Anatomical Therapeutic Chemical Classification System) [13], adopted by the WHO as an international standard, antiseptic and disinfectants are considered as a separate category D – Dermatological products. In accordance with the main therapeutic purpose of the antiseptic and disinfectant category, the ATC code D08 is assigned.

According to the chemical structure, antimicrobial agents are divided into:

- inorganic compounds (halogens and halogen-containing substances, oxidants, acids, alkalis, compounds of heavy metals);
- organic compounds of the aliphatic series (aldehydes, alcohols, detergents (surfactants);

- compounds of the aromatic series: phenol derivatives (birch tar containing phenol, toluene, xylene, resins, etc.);
- organic compounds of the heterocyclic series (nitrofuran compounds, oxyquinoline, dyes).

Chloroactive compounds of organic (chloramines, chloroderivatives of cyanuric acid and hydantoin) and inorganic (hypochlorites) nature, as well as antimicrobial agents containing iodine (iodinol, iodonate, betadine) and bromine (dibromantine, aquator) belong to haloids [12, 13]. The bactericidal action of haloids is due to high oxidizing properties and the ability to cause protein denaturation.

The advantages of chloractive antimicrobial agents are pronounced microbicidal properties, a wide range of action and low cost; their disadvantages are a sharp unpleasant smell, corrosive effect, instability during storage.

Among antimicrobials containing oxygen, hydrogen peroxide is the most widely used in pharmaceutical practice. The mechanism of antimicrobial action of hydrogen peroxide is caused by the disruption of redox processes of protoplasmic proteins and enzymatic systems of the microbial cell. Hydrogen peroxide has such valuable properties as the absence of odor and allergenic effect, rapid decomposition in the environment into non-toxic substances. In addition, hydrogen peroxide is unstable, has a pronounced local irritant effect and, compared to other antimicrobial agents, has low bactericidal activity. Based on hydrogen peroxide and quaternary ammonium compounds, active disinfectants with improved physical and chemical properties have been created.

Recently, due to their properties, surfactant-based antimicrobials have become widely used [12]. Cationic and ampholytic surfactants are used as independent antimicrobial agents. Anionic and nonionic are used as potentiating additives as part of composite antimicrobial agents. Such antimicrobial agents have bactericidal, fungicidal, and virulicidal properties. They also have good solubility in water, presence of detergent, anti-corrosion and antistatic effect, stability during storage.

Compounds based on 6% peracetic acid – deoxones, which exhibit pronounced bactericidal, virulocidal, tuberculocidal, fungicidal and sporicidal properties, have high antimicrobial activity and a wide spectrum of action. Dezoxones (dezoxon-0, dezoxon-4, delaxon, odoxon) have one significant drawback – a strong smell of vinegar, which prevents their widespread use.

Formaldehyde, glutaraldehyde and antimicrobial agents based on them are used from the group of aldehydes. The use of formaldehyde as a separate antimicrobial agent is currently limited due to its irritating and carcinogenic properties, glutaraldehyde has become more widespread and is included in such antimicrobial agents as dezoform, lysoformin 3000, glutaral, etc.

Among alcohols that are used as independent antimicrobial agents and substances that enhance the bactericidal activity of other disinfectants, ethyl, propyl, and isopropyl alcohols are the most widely used.

Additional factors that will affect the effectiveness of antimicrobial agents include: duration of storage without loss of activity; the possibility of use without means of protection; the presence of washing properties; as well as the ability to clean and whiten.

The biostability of textile materials depends primarily on the nature of the fibers from which they are made [8]. The presence of cellulose, pectin, nitrogen-containing and other organic substances in cotton fiber and their high hygroscopicity make it a favorable environment for the development of abundant microflora. In a stronger degree, microorganisms damage lower quality cotton varieties with high humidity. The main role in tissue damage is played by cellulose-destroying bacteria and fungi.

It was established [8, 14] that the process of destruction of cellulose-containing fibers under the action of enzymes occurs most intensively in zones with a lower density of the fibrillar structure. Each stage of cotton fiber damage corresponds to a certain type of destruction.

The initial degree of damage is manifested in speckling, when due to a violation of the fiber wall, its surface contains cracks of different lengths and widths. In this case, microorganisms and their waste products protrude outward, which leads to fiber rolling into lumps, and in yarn - to its breaks, unevenness in thickness and strength. The action of external microflora causes damage to the wall. The highest degree of destruction is disintegration, delamination of the fiber into individual fibrils. The ordered fiber structure is absent in this case. In all cases of damage, a large amount of fungal mycelium may be present on the surface of the fiber, which penetrates the entire fiber with its hyphae or envelops it, which interferes with the processes of exploitation of textile materials.

When stored in adverse conditions and when used in a wet state (tarpaulins, tents, etc.), textile products made of natural fibers are prone to destruction by microorganisms. Under these conditions, microorganisms can cause a decrease in the strength of products, a change in their color and shine. In order to reduce the impact of microorganisms on textiles, fabrics are given an antimicrobial treatment.

Previous studies have shown that providing antimicrobial properties to cellulose-containing textile materials are effective means of domestic production based on bouguanide and quaternary ammonium salts [1, 5, 12]. However, during the year there were significant changes in the world market of antiseptics, which requires additional research. Besides, the effectiveness of resource-saving technologies of antimicrobial treatment is determined by the quality of antimicrobial treatment, environmental friendliness, energy efficiency, safety of the process, as well as the preservation of consumer properties of products. Antiseptics of domestic production used for the research are widely available in the retail network of Ukraine, have a high efficiency of action and a wide range of indications for use. These drugs are representatives of each group of active substances of antimicrobial agents of the category D08.

To assess the influence of antiseptic substances on the consumption properties of cellulose-containing materials, the following indicators were taken into account: strength, stiffness, durability, capillarity of fabric, structural and morphological characteristics. The general characteristics of samples of cellulose-containing materials are given in Table 1.

Table 1. Characteristics of samples of cellulose-containing materials

The name of the fabric	Width [cm]	Density		Yarn linear density [tex]	Weave	Areal density [g/m^2]
		Weft [wefts/cm]	Warp [warps/cm]			
Fabric 1 100 % cotton	150±5	22	41	30	plain-weave	180
Fabric 2 50% cotton, 50 % polyester	150±2	22	41	30	plain-weave	196
Fabric 3 100 % viscose	110±2	22	41	30	plain-weave	180

The technology of antimicrobial treatment of cellulose-containing materials was modeled in a thermostat at a temperature of 30°C according to the Table 2.

Table 2 Technological parameters of antimicrobial treatment of cellulose-containing materials

The name of operation	t, ℃	Liquid module	Antiseptic substances	Processing time, min
First washing	30℃	10	+	8
Second washing	30℃	10	+	8
First rinse	30℃	12		3
Second rinse	30℃	12		3
Final processing (treatment)	30℃	10	+	6

After processing, the test samples were dried at room temperature and kept in conditioned environment.

The change in the mechanical properties of cellulose-containing fabrics after treatment with solutions of antiseptic agents was determined according to the standard methods of DSTU ISO 13938-1:2007, DSTU ISO 13938-2:2007 [15, 16]. The evaluation of changes in the mechanical properties of cellulose-containing materials was carried out according to the indicators of bursting streght P_p, H and bursting distension l_p.

The stiffness of cellulose-containing materials is determined by the cantilever method (under the influence of the self-weight of the distributed load) using the PT-2 device, according to the standards [14].

The crushing of samples of cellulose-containing materials was determined by the method of oriented crushing according to DSTU 4143-2002/ DSTU 31101-2003 [17], on the SMT device. The essence of the oriented method is that a sample of T-shaped material is bent at an angle of 180° and loaded for 15 minutes. 5 minutes after the removal of the load, the wrinkle recovery K_n is determined.

To evaluate the hygienic properties of the examined fabric samples after treatment with antiseptic solutions, the capillarity of the materials was determined. The capillarity of textile products characterizes the absorption of moisture by the longitudinal capillaries of the material and is estimated by the height h, mm of the rise of the liquid in the sample immersed at one end in the liquid for 1 hour [14, 18]. Capillarity was determined according to the requirements of the standards.

Calculations of experimental data on changes in consumer properties of cellulose-containing materials were made using the "MatVed – Properties Calculator" mobile application [5, 19].

Results of the research and discussion

Experimental studies of strength indicators for twill fabric after treatment with antiseptic agents show that the bursting strength of the samples does not deteriorate and remains within the limits of the original samples.

After curing in the substrate, the bursting strength of the original Fabric 2 samples decreased by 6 % on the base, and by 15 % on the weft. As a result of treatment with antiseptic substances, the decrease in the bursting strength of the samples is insignificant and is, respectively: 2 % – in the sample treated with a solution of biguanide derivatives on the basis of the sample, 10 % – in the sample treated with a solution of biguanide derivatives on the fabric, 8 % – in the sample treated with a solution of hydrogen peroxide on the fabric. Samples treated with solutions of quaternary ammonium salts and hydrogen peroxide on the basis did not lose strength after exposure to the substrate, and after weaving, the bursting strength increased by 2,5 %.

As a result of treatment with antiseptic substances, the bursting strength of Fabric 1 samples on the basis and weft almost does not change. The curing of Fabric 1 samples treated with

antiseptic substances in the substrate increases the bursting strength of the samples at the base: by 46 % (solution of biguanide derivatives), by 3,5 % (solution of quaternary ammonium salts), by 12 % (hydrogen peroxide solution).

For viscose samples, there is a decrease in bursting strength as a result of treatment with solutions of antiseptic substances, which is related to the nature of viscose fibers.

After exposure to the substrate, the bursting strength of the original samples decreased significantly. Treatment with solutions of biguanide derivatives and quaternary ammonium salts led to slight changes in the bursting strength of the samples on the basis and on the fabric. As a result of treatment with a solution of hydrogen peroxide, the bursting strength of the viscose samples on the basis decreased by 34 % and destruction of the sample took place on the weft. The results are given in the Table 3.

Table 3 Bursting strength (P_p, N) of cellulose-containing samples

The sample of material	Bursting strength, P_p, [N]		Bursting strength, P_p, [N], after 10 days of exposure in the substrate	
	warp	weft	warp	weft
Fabric 1 cotton 100 %				
Untreated fabric	1050	615	1330	637
Treated with biguanide derivatives	1030	610	1510	570
Treated with quaternary ammonium salts	1045	678	1087	615
Treated with hydrogen peroxide	1025	595	1165	650
Fabric 2 cotton 50 %, poliester 50 %				
Untreated fabric	2500	1375	2350	1165
Treated with biguanide derivatives	2030	1365	2451	1235
Treated with quaternary ammonium salts	2500	1336	2500	1410
Treated with hydrogen peroxide	2190	1165	2500	1260
Fabric 3 viscose 100 %				
Untreated fabric	790	415	490	170
Treated with biguanide derivatives	725	485	695	350
Treated with quaternary ammonium salts	750	310	725	305
Treated with hydrogen peroxide	780	435	520	destruction of sample

The results of experimental studies show that treatment with antiseptic substances leads to an increase in the bursting distension of Fabric 2 samples both on the base by 7 % to 33 % and on the weft by 14 % to 26 %, respectively. After exposure to the substrate, the bursting distension of the Fabric 2 samples on the base increases from 19 % to 43 %. The bursting distension of the samples along the weave almost does not change.

Treatment with antiseptic substances helps to increase the bursting distension of Fabric 1 samples on the base by 1,5 % to 12 % and on the weft by 2,5 % to 17,5 %, respectively. After curing in the substrate of the original Fabric 1 samples, the bursting distension decreases: by 15

% on the base and by 7,5 % on the weft. As a result of treatment with antiseptic substances, the bursting distension of Fabric 1 samples is preserved.

After exposure to the substrate, the bursting distension of the original viscose samples decreases along the base and the weft. As a result of treatment with antiseptic substances, the bursting distension of viscose samples, in comparison with the original, does not significantly decrease and is from 8 % to 24 % on the basis and from 4,5 % to 6 % on the weft. After exposure to the substrate for viscose samples treated with a hydrogen peroxide solution, a loss of fiber strength is observed.

Depending on the type of processing, the stiffness of the materials changes, for example, finishing, felting increase the stiffness, and piles, boiling, chemical treatments – decrease it. The pulping indicators of fabric samples treated with domestically produced antimicrobial agents were characterized by the wrinkle recovery K_n, %. Determination of hardness of EI, $\mu N \cdot cm^2$ of tissue samples and kneading after treatment with antiseptic agents is given in Table 4.

Table 4 Stiffness (EI) and wrinkle recovery (K_n, %) of cellulose-containing samples

The sample of material	Stiffness EI, [$\mu N \cdot cm^2$]		Wrinkle recovery [K_n], %.	
	warp	weft	warp	weft
Fabric 1 cotton 100 %				
Untreated fabric	1646	1088	82,8	84,4
Treated with biguanide derivatives	1646	1088	82,8	80
Treated with quaternary ammonium salts	1646	1337	81,7	80
Treated with hydrogen peroxide	1999	2915	90	95
Fabric 2 cotton 50 %, poliester 50 %				
Untreated fabric	3407	1955	83,9	60
Treated with biguanide derivatives	2972	1955	72,8	77,8
Treated with quaternary ammonium salts	3053	1955	82,2	90
Treated with hydrogen peroxide	3461	1992	88,9	89,4
Fabric 3 viscose 100 %				
Untreated fabric	977	887	40,5	82,8
Treated with biguanide derivatives	931	973	37,2	78
Treated with quaternary ammonium salts	977	945	45,5	96,1
Treated with hydrogen peroxide	1187	1047	39,4	77,2

Analysis of the stiffness of cellulose-containing samples after treatment with antiseptic agents shows that treatment with solutions of biguanide derivatives slightly reduces the stiffness of the materials. When treated with solutions of quaternary ammonium salts and hydrogen peroxide, the stiffness of the test samples increases both on the basis and on the fabric.

The study of the crushing of fabric samples showed that the wrinkle recovery of the samples on the basis compared to the recovery on the weft occurs faster, due to the elastic deformations of the basis threads. Compared with the original samples, the changes in the

squish of the samples after treatment with antiseptic agents are insignificant and the wrinkle recovery (K_n, %) is: for Fabric 2 – from 72,8 % to 88,9 % on the basis and from 77,2 % to 90 % on the waft; for Fabric 1 – from 81,7 % to 90 % on the basis and from 80 % to 95 % on the weft; for viscose – from 37,2 % to 45,5 % on the basis and from 77,2 % to 96,1 % on the weft, respectively.

Hygienic properties of cellulose-containing materials after treatment with antiseptic agents, determined by indicators of tissue hygroscopicity. Studies have shown that antiseptics remove impurities and accompanying substances that remain on the fabric during its production, that is, the pores on the surface of textile products are cleaned, which in turn increases the capillarity of textile materials. Experimental data show that the processing of cotton fabrics increases their hydrophilicity from 20 % to 53 %, which is expressed in the improvement of their wettability with aqueous solutions and the increase of capillarity due to the presence of adsorbed surfactants on the materials.

Conclusion

The comprehensive analysis of the physico-chemical properties and features of the application of domestic antiseptics in the antimicrobial treatment technologies of cellulose-containing materials was carried out. A comparative evaluation of the effectiveness of modern antiseptic agents was carried out.

It has been confirmed that the use of antiseptic drugs in antimicrobial treatment technologies helps to preserve the consumer properties of cellulose-containing materials. The results of the study of bursting strength and bursting distension, stiffness and durability confirmed the effectiveness of the use of antiseptic agents for high-quality antimicrobial treatment of cellulose-containing products. It should be noted that antiseptics can be used as a basis for creating individual preparations for a specific range of products and antimicrobial protection.

The obtained experimental data showed that among the investigated antiseptic substances, the biguanide derivative has a wide spectrum of action. An analysis of the production of a biguanide derivative in Ukraine in comparison with other antimicrobial agents shows that the cost of this agent is lower than that of hydrogen peroxide, a quaternary ammonium salt. In addition, the production of biguanide derivatives is carried out by various manufacturers in different regions of Ukraine, which allows biguanide derivatives to be widely available for consumer needs.

The use of the researched antiseptic agents in the antimicrobial treatment technologies of cellulose-containing materials in industrial and domestic conditions ensures high-quality antimicrobial treatment, preservation of the consumer properties of products and healthy microflora of human skin. Thus, with the help of antiseptics of domestic production, compliance with sanitary and hygienic requirements in everyday conditions is ensured for consumers, and opportunities are created for industries to expand the range of domestic chemical products, mobile resource-saving production, and create jobs, which, in general, will contribute to the post-war recovery of Ukraine.

Bibliography

1. Antiseptics and Disinfectants Market Size Report, 2022-2030 // https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/antiseptics-and-disinfectants-market.
2. Danielsen A., Olofsen H., Bremdal B. (2016). Increasing fall risk awareness using wearables: A fall risk awareness protocol // Journal of Biomedical Informatics. Vol. 63. P. 184-194.

3. WHO JPO – Technical Officer, Pandemic Influenza Preparedness (PIP) // http://www.who.int/.
4. Jing J. L., Thong P. Y., Bose R. C., McCarthy J. R. (2020). Hand Sanitizers: A Review on Formulation Aspects, Adverse Effects, and Regulations // Int. J. Environ. Res. Public Health. Vol. 17 (9). P. 3326.
5. Paraska O., Kovtun H., Hes L., Horiashchenko S. (2022). Study of the influence of antimicrobial agents on the operational and hygienic properties of cellulose materials // Vlákna a textil. Vol. 29(2). P. 73-48.
6. Salerno-Kochan R., Szostak-Kotowa J. (2001). Microbiological degradation of textiles. Part I. Biodegradation of cellulose textiles // Fibers and Textiles in Eastern Europe. Vol. 9(3). P. 69-72.
7. Halyk I.S., Semak B.D. (2014). Problems of formation and assessment of ecological safety of textiles. Lviv.
8. Gao Y., Cranston R. (2008). Recent advances in antimicrobial treatments of textiles // Textile Research Journal. 78 (1). P. 60-72. DOI: 10.1177/0040517507082332.
9. Morais D.S., Guedes R.M., Lopes M.A. (2016). Antimicrobial approaches for textiles: from research to market // Materials. № 9. 498. DOI: 10.3390/ma9060498.
10. Kenawy E-R., Mahmoud Y.A.-G. (2003). Synthesis and antimicrobial activity of some linear copolymers with quaternary ammonium and phosphonium groups // Macromolecules Science. №3. P. 107-116.
11. Kumar B. (2021). Textiles for Functional Applications. Intechopen. 302 p., ISBN: 978-1-83968-629-0, DOI10.5772/intechopen.91596.
12. Pharmencyclopedia. https://www.pharmencyclopedia.com.ua/.
13. ATC Classification System. https://compendium.com.ua/uk/atc.
14. Kushchevskyi M., Shvets H. (2021). Material science of sewing production: a study guide. Condor. 412 p.
15. DSTU ISO 13938-1:2007. Textiles – Burstingbursting distension properties of fabrics – Part 1: Hydraulic method for determination of bursting strength and bursting distension.
16. DSTU ISO 13938-2:2007. Textiles. Bursting properties of fabrics. Part 2: Pneumatic method for determination of bursting strength and bursting distension
17. DSTU 4143-2002/GOST 31101-2003. Textiles. Evaluation of the wrinkle recovery of fabrics.
18. Paraska O., Rak T., Rotar D., Radek, N. (2019). The research on the effect of compositions of ecologically safe substances on the hygienic properties of textile products // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. № 1. P. 43 – 49.
19. Zakharkevich O. V., Kuleshova S. G., Shvets G. S. (2015). Determination of fabrics properties for reversible garments. In TEXTEH VII International Conference Proceedings. Vol. 7. P. 78-88.

СУЧАСНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ УКРАЇНИ ТА СВІТУ

Нестер А., Романішина О.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. Проблема утилізації відходів промислового й побутового походження набуває в наш час усе більш гострого характеру у зв'язку з тим, що обсяги генерування відходів постійно зростають, тоді як темпи їхнього перероблення незрівнянно малі. У результаті до тепер часу накопичено сотні мільйонів тон різних твердих відходів, які необхідно переробляти й знешкоджувати. Масштаби щорічного продукування й нагромадження твердих відходів вимагають створення потужних переробних установок продуктивністю, вимірюваної мільйонами тонн у рік з їх промисловим освоєнням.
Висока питома вага ресурсомістких та енергоємних технологій, впровадження та нарощування яких здійснювалося найбільш "дешевим" способом − без будівництва відповідних очисних споруд, низький рівень екологічної свідомості суспільства, призвели до значної деградації довкілля України, надмірного забруднення поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря і земель, нагромадження у дуже великих кількостях шкідливих, у тому числі високотоксичних, відходів виробництва.
Розглядаючи екологічні проблеми, можна виокремити недоліки сільського господарства, сучасної промисловості. Проблеми наростають, поглиблюються в кожному секторі економіки порушуючи навколишнє середовище.
Після другої світової війни світова індустрія зробила різкий ривок. Промисловість була підтримана державою, що дало змогу концентруватись виробництвам у містах, які почали інтенсивно розростатись та породили велику кількість екологічних проблем серед яких накопичення відходів.
В статті відображені екологічні проблеми передових розвинених країн та вирішення їх на сучасному рівні. Приклади можуть стати напрямками, за якими повинна вирішувати свої проблеми наша Українська держава.
Ключові слова: токсичні відходи, проблема утилізації, екологічна небезпека.

Сучасні екологічні проблеми України пов’язані з загальною тенденцією розвитку міст, промислового виробництва пов’язаного з використанням широкого комплексу матеріалів, хімічних сполук. Бурхливий розвиток промисловості та міст потягнув за собою широке будівництво житла, транспортних засобів та вузлів комунікацій та накоплення відходів на землях навколо населених пунктів.

В цей же час у багатьох країнах світу усе ще використовується метод знешкодження токсичних відходів шляхом поховання на спеціальних полігонах із застосуванням захисних матеріалів з глини, поліетилену, полівінілхлориду та інших водостійких матеріалів. Економічним методом поховання осадів часто є хімічна фіксація, що здійснюється дозуванням у шлам спеціальних агентів типу силікату натрію, цементу. У результаті цього токсичні речовини виявляються зафіксованими у твердій масі, але згодом може мати місце їх вимивання.

Серед рідких відходів є велика група важких металів, які широко застосовуються в різних промислових виробництвах, і, незважаючи на застосовувані способи очищення, з'єднання важких металів проникають у промислові стічні води. Значна кількість цих з'єднань попадає у воду також через атмосферу. Екологічна небезпека важких металів полягає в тому, що вони активно поглинаються фітопланктоном, а після цього попадають людині по харчовому ланцюгу.

Проблема утилізації відходів промислового й побутового походження набуває в наш час усе більш гострого характеру у зв'язку з тим, що обсяги генерування відходів постійно зростають, тоді як темпи їхнього перероблення незрівнянно малі. У результаті

до теперішнього часу накопичено сотні мільйонів тон різних твердих відходів, які необхідно переробляти й знешкоджувати. Масштаби щорічного продукування й нагромадження твердих відходів вимагають створення потужних переробних установок продуктивністю, вимірюваної мільйонами тонн у рік з їх промисловим освоєнням.

Сміттєзвалища твердих побутових відходів часто експлуатується за відсутності проектної документації, а також відповідних рішень, що забезпечують експлуатаційну надійність цих об'єктів; без виконання інженерних заходів, що забезпечують стійкість полігонів як споруди, його довговічність і безпеку навколишнього природного середовища, за відсутності даних розрахункового терміну експлуатації полігонів (сміттєзвалищ). Сільськими радами в більшості не розроблено місцеву програму поводження з твердими побутовими відходами та схему санітарного очищення населених пунктів та земель в межах та поза межами населених пунктів.

А проблема буде посилюватись через специфічність територіальних громад, які не мають досвіду роботи в екологічній царині, пов'язаній з щоденним контролем грунтів , повітряного простору на підпорядкованій території, відсутністю кваліфікованих кадрів.

У сільських населених пунктах відсутні спеціалізовані підприємства у сфері поводження з побутовими відходами, відсутність в переважній більшості спецтехніки для належного збору та вивезення ТПВ на діючі сміттєзвалища. Не забезпечується організація роздільного збирання корисних компонентів відходів, які завозяться на звалище ТПВ.

Відповідні перевірки додержання вимог природоохоронного законодавства свідчать про численні порушення у сфері поводження з твердими побутовими відходами при здійсненні операцій щодо складування, розміщення, зберігання останніх на землях селищних та сільських рад.

Безпечним навколишнє середовище вважається таким, коли його стан відповідає встановленим у законодавстві критеріям, стандартам, лімітам і нормативам, які стосуються чистоти повітря, ґрунтів, екологічній стійкості, санітарним вимогам, здатності задовольняти інтереси громадян. Але на сьогодні ці перераховані умови не витримуються. Одне з провідних місць у забрудненні атмосферного повітря належить автотранспорту - на нього припадає понад третина усього обсягу викидів забруднюючих речовин в Україні, а в деяких містах більше, ніж половина. Понад 65% свинцю, 54% - оксиду вуглецю, 32% - вуглеводнів та 24% - окси¬дів азоту від загальної для країни кількості цих речовин потрапляють в атмосферу завдяки роботі автотранспорту. Зростаючий парк автомобілів (2245 авто на 1000 осіб в 2021 р) ставить перед державними органами цілий ряд задач і в їх числі екологічні. Наші міста не розраховані на таку кількість машин, якби банально це не звучало-це видно в скупченнях автомобілів в центрах великих та малих міст.

Війна. Зараз навіть неможливо повністю оцінити вплив війни на довкілля через брак точної інформації. Причин цьому дві. Насамперед, навіть збирати ці дані небезпечно для фахівців, оскільки тривають активні бойові дії. По-друге, не вся інформація може бути озвучена публічно з тактичною метою. Проте точно зрозуміло: чим довше триває війна, тим більше шкоди вона завдасть довкіллю, і тим більше наслідків ми матимемо в майбутньому. Це підтвердилося, хоч і в меншому масштабі, на початку цієї війни, 8 років тому, коли Росія загарбала Крим і частини Донеччини та Луганщини. Як безпосередньо бойові дії, так і дії окупаційної адміністрації вплинули на природу цих регіонів. За тим, як саме — можна спробувати спрогнозувати наслідки теперішнього повномасштабного вторгнення.

Під загрозою знищення перебувають близько 200 територій Смарагдової мережі площею 2,9 млн га. Смарагдова мережа — це мережа природоохоронних територій, створена задля збереження видів та оселищ, які потребують охорони на

загальноєвропейському рівні, але розташовані в країнах, які не є членами ЄС. Усе це середовища існування для тисяч видів рослин і тварин. Ці території мають важливу роль для захисту біорізноманіття та збереження клімату. Ареали деяких рідкісних і ендемічних видів і оселищ опинилися в зоні активних бойових дій, що загрожує їхньому існуванню, наприклад це цілинні нерозорані степи, крейдяні схили на Донеччині, приморські оселища у південних областях, болота на півночі.

Дуже багато людей не є грамотними саме в екологічному плані. Тобто вони не слідкують за тим, що вони викидають, скільки викидають. **Відсутність державної політики** можна назвати однією з причин екологічних проблем. Сюди можна віднести корупцію, відсутність ефективної системи покарань, відсутність необхідної інфраструктури для сортування і переробки сміття, неякісну роботу комунальних служб, а також відсутність підтримки екологічних ініціатив. Не краще себе веде і бізнес-не бажає впроваджувати нові екологічні технології бо це веде до підвищених витрат, а в умовах військового часу проблеми тільки загострюються через брак коштів, знищення бізнесу на його східних кордонах [1].

Але перекладати відповідальність на органи влади неправильно: зміни варто починати з себе, адже держава робить лише те, на що є запит від суспільства.

Сучасні екологічні проблеми України пов’язані з загальною тенденцією розвитку міст, промислового виробництва пов’язаного з використанням широкого комплексу матеріалів, хімічних сполук. Бурхливий розвиток промисловості та міст потягнув за собою широке будівництво житла, транспортних засобів та вузлів комунікацій та накопичення відходів.

Відомо, що найбільші в світі запаси чорноземів зосереджені на території України. Сьогодні, на жаль, запаси та якість цього неоціненного ресурсу в нашій державі істотно знизились, що пояснюється варварською, непродуманою їх експлуатацією, ерозією, засоленням, відчуженням земель під кар'єри та промислові споруди. В гонитві за врожаєм ґрунти розорюються дедалі глибше й частіше, в них у неймовірних кількостях вносяться мінеральні добрива й пестициди. В результаті на величезних площах степової і посушливої зон ґрунти втратили здатність убирати й пропускати воду, їхня структура деградувала, вони перенасичені шкідливими хімічними сполуками. По всій території України родючість ґрунтів катастрофічно зменшується.

За останні 35 – 40 років вміст гумусу в ґрунтах України зменшився на 0,3 – 0,4%. За розрахунками Української академії аграрних наук, щорічні втрати гумусу становлять від 0,6 до 1т/га. Це наслідок використання недосконалих технологічних схем у сільському господарстві та істотного зменшення внесення органічних добрив, що пов'язане із занепадом тваринництва-більшість ферм в колишніх сільськогосподарських підприємствах знищено, конструкції хаотично розібрані (в кращому випадку пішло на приватне будівництво) [1].

Україна має унікальний ґрунтовий покрив – більше 60 % її площі зайнято чорноземними ґрунтами, які за характеристиками кореневмісного шару, властивостями, потенціалом родючості, придатністю до вирощування багатьох польових культур не мають собі рівних. Завдяки великому ресурсному потенціалу природної родючості чорноземів Україна займає провідні позиції у світовому експорті зернових культур і соняшнику. Разом з тим, в Україні протягом останніх років домінувала незбалансована дефіцитна система землеробства з поступовим збідненням ґрунтово-ресурсного потенціалу та погіршенням екологічного стану ґрунтів. Як наслідок, ґрунти втратили значну частину гумусу, найродючіші у світі чорноземи перетворилися на ґрунти з середнім рівнем родючості і продовжують погіршуватися. Зберігати й надалі такий підхід до родючості неприпустимо, бо це призведе до подальшого загострення проблеми. На жаль, за часи незалежності систематичної роботи з охорони ґрунтів в Україні не було

налагоджено. Багато надій покладали на земельну реформу. Вважалося, що зміна форми власності на землю автоматично сформує відповідального компетентного власника, який самостійно буде оберігати й збільшувати родючість ґрунтів. Однак, у реальному виробництві цього не трапилося. Зараз, в умовах відкриття ринку землі виникають великі ризики посилення деградації ґрунтів та зниження їх родючості. Тому потрібно реформування системи державного контролю стану ґрунтів і регулювання у сфері охорони ґрунтів та їх родючості, нова державна політика, розроблення і прийняття нової Стратегії (Концепції) розвитку системи охорони земель в Україні на період до 2030 р. Через незавершеність земельної реформи, майже повну безвідповідальність нових землекористувачів, що орендують земельні ділянки, неповноцінний земельний кадастр, неефективний рівень правового захисту ґрунтів, недостатність і практичну недосконаліть контролю стану їх родючості – в країні фактично функціонує хаотичний тип землекористування з очевидними негативними наслідками для наступних поколінь [2].

Основна масса відходів в Україні утворюється на підприємствах гірничопромислового, хіміко-металургійного, машинобудівного, паливно-енергетичного, будівельного, целюлозно-паперового та агропромислового комплексів. Загалом на металургійних виробництвах на 1 т сталі утворюється 0,4 т відходів, у кольоровій металургії кількість відходів шламів на 1 т металу становить 10-200 т. У відвалах шлаків країн СНД знаходиться помад 27 млн. т заліза, 335 тис. т міді й 2 млн. т цинку. Шламові відвали свинцевих заводів містять помад 3 млн. т заліза, помад 900 тис. т цинку, 150 тис. т свинцю і 70 тис. т міді. У результаті до теперішнього часу накопичено сотні мільйонів тон різних твердих відходів, які необхідно переробляти й знешкоджувати. Масштаби щорічного продукування й нагромадження твердих відходів вимагають створення потужних переробних установок продуктивністю, вимірюваної мільйонами тонн у рік з їх промисловим освоєнням [3].

Серед рідких відходів є велика група важких металів, які широко застосовуються в різних промислових виробництвах, і, незважаючи на застосовувані способи очищення, з'єднання важких металів проникають у промислові стічні води. Значна кількість цих з'єднань попадає у воду також через атмосферу. Екологічна небезпека важких металів полягає в тому, що вони активно поглинаються фітопланктоном, а після цього попадають людині по харчовому ланцюгу.

Відповідні перевірки додержання вимог природоохоронного законодавства свідчать про численні порушення у сфері поводження з твердими побутовими відходами при здійсненні операцій щодо складування, розміщення, зберігання останніх на територіях селищних та сільських рад.

Основними порушеннями, що були виявлені під час проведення перевірок сміттєзвалищ твердих побутових відходів були: безсистемне складування та захоронення – без використання карт, не здійснення контролю ступеню пошарового ущільнення відходів, в переважній більшості не здійснюється пошарова ізоляція ґрунтом; не ведеться облік відходів; відсутній дизбар’єр тощо.

На більшості сміттєзвалищ не проводиться моніторинг визначення та прогнозування впливу відходів на навколишнє природне середовище, своєчасного виявлення негативних наслідків, їх відвернення та подолання, що можуть виникнути при експлуатації звалища ТПВ.

Особливу занепокоєність викликають відходи гальванічних процесів утворені промисловими підприємствами. Під час використання гальванічних процесів в сучасному виробництві виникає ризик, пов'язаний з аварійними ситуаціями, який можна розглядати як ризик зберігання відходів так і безпосередньо в процесі проведення технологічних процесів. При цьому прийнято виділяти технічні, технологічні,

організаційні та інші причини розвитку несприятливих ситуацій. Ризик зберігання відходів так і безпосередньо в процесі проведення технологічних процесів є небезпекою для навколишнього середовища, в якому перебуває людина, тваринний світ та фауна. Тому такий ризик можна називати екологічним.

Проведенні на декількох підприємствах дослідження показали, що часто відходи гальванічних виробництв зберігаються не в належних умовах у вигляді солей, які зберігаються в ємкостях, поліетиленових мішках та попадають під дію атмосферних осадів. У процесі дії на них атмосферних осадів солі вимиваються та переходять в ґрунти, поверхневі води, забруднюючи навколишнє середовище. Часто обчислений індекс небезпеки відходів, які зберігаються на території підприємств мають індекс небезпеки *HI*>1.Такий рівень ризику є неприйнятним, а забруднювальні речовини, які містяться у гальванічному шламі і надійшли в об'єкти довкілля внаслідок аварійної ситуації, негативно вплинуть на здоров'я людини. Отже, аварійні ситуації, що супроводжуються порушенням цілісності місць зберігання (ємностей, мішків і т.п.) і призводять до попадання гальванічного шламу в довкілля, підвищують ризик для здоров'я людини. Отримані рівні канцерогенного ризику і індексу небезпеки вказують на необхідність прийняття комплексу рішень щодо відвертання виникнення надзвичайних ситуацій, а також мінімізацію їх наслідків [3].

Особливу небезпеку для людини і біоти становлять важкі метали, які присутні у відходах гальванічного виробництва. Шкідливий вплив таких важких металів, як хром і нікель значно підвищується за їх канцерогенними властивостями, які проявляються в мутагенному ефекті, хромосомних ушкодженнях, зміні репарації ДНК і тому подібне.

За останні роки спостерігається зростанням попиту на кисломолочну продукцію та зменшенням обсягів виробництва пастеризованого молока, у зв'язку з чим утворюється велика кількість сироватки (майже 90 % від об'єму молока, яке переробляється).

Найбільшою загрозою для водних об'єктів є стічні води виробництв казеїну та твердих сирів, що характеризуються високими показниками ХСК та БСК. Але тут є свої проблеми, котрі необхідно вирішувати. Відомі різні методи утилізації сироватки: ультрафільтрація, сушіння, виробництво етилового спирту та інших продуктів. Але ці методи майже не застосовуються. В кращому випадку частина сироватки йде на продаж населенню. Але основну частину сироватки разом зі стічною водою скидають у каналізацію, що створює екологічну проблему. ХСК сироватки становить близько 70000 мг/л, а недостатнє промислове використання відходів призводить до великих втрат цінних речовин, зниження ефективності виробництва та необхідності сплати штрафів за скидання недостатньо очищених стоків. Існуючі хімічні та фізико-хімічні методи очищення забрудненої води (хлорування, озонування, осмос тощо), що полягають в активній хімічній дії або фізичному впливі на воду, дають змогу видалити з неї забруднювальні речовини, погіршуючи при цьому фізико-хімічні властивості води та порушуючи природний баланс розчинених у ній солей. Більшість підприємств молочної промисловості не очищує стічні води, що утворюються в процесі виробничої діяльності, а передають їх на очищення водоканалам, хоча раціональніше побудувати сучасні очисні споруди, що дозволять очистити стоки до норм водойм рибогосподарського призначення та скидати у водні об'єкти та при цьому отримати економічний ефект і користь для навколишнього природного середовища [3].

В вирішенні задач зменшення кількості відходів нам необхідно користуватись досвідом збору та переробки відходів, який мають передові країни західної Європи, де достатньо інформовано населення, підприємства та вирішені питання на державному рівні.

У зв'язку з бурхливим розвитком органічного сільського господарства та способів виробництва альтернативних видів палива все більш важливе значення у практиці рециклування набуває переробка так званих біорозкладних відходів. У цій категорії розрізняють: 1) харчові відходи; 2) органічні відходи («будь-які відходи рослинного або тваринного походження»); 3) власне біорозкладні відходи («будь-які відходи, що розкладаються анаеробним або аеробним шляхом, такі як харчові або садові відходи, а також папір та картон»); 4) біовідходи («біорозкладається зелена маса садів та парків, харчові та кухонні відходи з домогосподарств, ресторанів, кафе та харчових підприємств»).

Потоки харчових відходів величезні. За оцінками, втрати продовольства у світі становлять від однієї третини до половини вироблених продовольчих продуктів. У Європі ці втрати оцінюються цифрою 280 кг на особу на рік – 190 кг на стадії виробництва та роздрібної торгівлі плюс 90 кг, що втрачаються у домогосподарствах. Залежно від місцевих умов біовідходи становлять 30-40% (за обсягом та вагою) твердих муніципальних відходів; у середземноморських країнах, де велике споживання овочів та фруктів і розвинений туризм, ця цифра може сягати 80%.

Вивезені на звалища харчові відходи гниють, залучаючи мух та шкідників; у процесах гниття виділяються парникові гази – вуглекислий газ та метан: негативні наслідки, таким чином, мають як локальний, так і глобальний (вплив на клімат) характер.

У ЄС ще наприкінці 1990-х років було взято курс на радикальне скорочення біорозкладних відходів. Ідеальним способом переробки органічних кухонних, садових та сільськогосподарських відходів є компостування. Сьогодні теорія компостування стала добре розробленою предметною галуззю науки, на практиці ж застосовуються різні системи - від технологій промислового компостування до домашніх (садових) компостерів. Великі виробництва при цьому охоплені Європейською мережею компостування, що налічує 72 асоційовані члени з 27 країн ЄС та обслуговує понад 3000 підприємств. Широко пропагуються «найкращі практики». Так домашнє компостування в Італії здійснюється з 2004 р. під загальним керівництвом «громадського консорціуму», охоплено 19 місцевих комун. Програма мала на увазі три цілі: покращити систему збору відходів, зменшити їх освіту та скоротити плату, що стягується з домогосподарств за їх вивіз.

Просування проекту включало такі заходи, як влаштування виставок, роз'яснювальна робота з місцевими муніципалітетами та громадськими організаціями, школами та сім'ями. На спеціальних курсах навчали різним способам компостування, поширювали технічну документацію та безкоштовно роздавали відповідні посібники. Кожне домогосподарство було забезпечене спеціальним обладнанням.

Склалася мережа «ековолонтерів», які беруть активну участь у проекті; усю роботу обслуговував свій інтернет-сайт. В результаті методами «селективного» збирання харчових відходів стали користуватися до 80% домогосподарств комун; 90% домогосподарств, як показав аналіз, освоїли методи домашнього компостування «на належному рівні»; повсюдно скоротилася плата за вивезення домашніх відходів.

Перелічені недоліки нашого промислового, харчового виробництва та збору твердих побутових відходів ставлять перед нашим суспільством серйозні задачі, які потрібно вирішувати вже зараз, не очікуючи закінчення військових дій.

А як організована робота з відходами в окремих країнах Західного світу, що можна взяти за зразок та впроваджувати в Україні. Розглянемо декілька країн, серед яких США-наймогутніша країна світу.

США. Щорічно в країні виробляється більше 250 млн тонн побутового сміття. На кожного жителя Нью-Йорка, наприклад, за статистикою санітарного управління міста, в тиждень доводиться 11,33 кілограма відходів - 7,25 кілограма за місцем проживання і

4,08 кілограма на роботі. Вимоги до переробки сміття встановлюють місцеві влади міст і штатів. А системи штрафів стимулюють населення виносити сміття в певне місце в строго позначені контейнери для макулатури, скла, пластику та інших відходів. Наприклад, у великому 100-квартирному житловому комплексі на півдні Нью-Йорка на кожному поверсі встановлені сміттєприйомники з докладною інструкцією - навіть для металевих вішалок і для використаних батарейок є свої ємності. У деяких штатах при купівлі товарів в тарі, що піде на переробку, в їх вартість включають певну суму (приблизно близько 10 центів) - в якості застави. Що стосується вивозу сміття від будівлі, то в згаданому вище житловому комплексі цим щотижня займається група з шести співробітників санітарного управління Нью-Йорка, і тут працюють податки городян, так як всі витрати несе муніципалітет.

Також контракт на прибирання сміття в окремих районах можуть отримати приватні компанії. За оцінками на сайті HomeAdvisor, місячні розцінки вивезення можуть коливатися від $ 60 до $ 620, а середній рівень по країні - $ 234. При цьому витрати на вивезення залежать від того, до якої категорії відноситься сміття - тверді комунальні відходи, брухт та відходи. Так, вивезення одного предмета меблів обійдеться в $ 80, старого холодильника - $ 100, ванни - $ 130. Якщо ж мова йде про сипучі речовини, то мінімальна ставка - $ 100 за вивезення 60 кубічних футів (1,69 кубометрів), а повний вантаж самоскида - від 420 до 480 кубічних футів (11,8-13,5 кубометрів) - $ 500, без врахування оплати праці робітників.

Справжнє нещастя американських міст - пластикове сміття. За оцінкою Агентства з охорони навколишнього середовища США, в цілому в країні виробляється більше 30 млн тонн пластику на рік, більша частина якого не піддається переробці. У Нью-Йорку "пластикову проблему" намагаються вирішити як за допомогою заборон, так і стимулів для переробки вторсировини.

В цілому різні штати і міста по-своєму вирішують проблему пластикового забруднення. А на федеральному рівні діє програма трьох R - reduce, reuse and recycle (скорочення споживання, повторне використання, переробка). Громадян вчать багаторазово використовувати те, що можна не викидати, сортувати і правильно виносити відходи.

Вторинну сировину в США переробляють понад 550 заводів, ще близько однієї тисячі заводів спеціалізуються на виробленні біопалива на основі вторинної сировини, також є завод з виробництва зрідженого газу з утилізованих побутових відходів. На сьогоднішній день в переробці відходів зайняті 1,5 млн осіб, а оборот цієї галузі становить близько $ 250 млрд. За останні 30 років рівень переробки відходів в цілому по країні зріс в три рази і перевищив 34%.

Канада (середня країна) перейнялася темою роздільного збору сміття та його подальшою переробкою ще на початку 1980-х років. Зараз жителі Канади сортують відходи в спеціальні контейнери, які мерія видає власникам всіх домогосподарств. Сині - для скла, металевих банок, фольги, пластику, пакетів від молока і пластикових пакетів. Чорні - для паперу, газет, журналів, картону. Зелені - для харчових і інших дрібних відходів. У багатоквартирних будинках такі баки стоять, як правило, в підземних гаражах, але можуть і відрізнятися за кольором. Крім того, в кінці 2018 року їх доповнили ще й окремими контейнерами для батарейок, шприців і голок.

Великогабаритне сміття - наприклад, меблі, телевізори або побутову техніку - жителі Оттави або вивозять самостійно в спеціальні пункти прийому або за окрему плату викликають фахівців-утилізаторів. Також в Канаді прийнято спочатку пропонувати непотрібні речі, в тому числі одяг, благодійним організаціям, які розподіляють їх серед нужденних.

Спеціальні інспектори стежать за тим, чи правильно городяни сортують сміття. Крім того, в Канаді прийнято вивозити відходи різного типу за розкладом. За виставлений не в "свій" день сміття власникові будинку спочатку зроблять попередження, а за наступні порушення його чекають штрафи - до 305 канадських доларів (близько $ 232). "Середньостатистичне домогосподарство, в якому проживає одна сім'я, платить щорічно за вивезення та утилізацію сміття 126 канадських доларів ($ 96)", - розповіла директор міської служби твердих відходів Оттави Мерилін Журно. У багатоквартирних будинках вартість вивезення сміття для однієї квартири становить 50 канадських доларів на рік ($ 38). При цьому середня заробітна плата в канадській столиці зараз становить 53,48 тис. Канадських доларів на рік ($ 40,6 тис.). Ніяких спеціальних тарифів для пенсіонерів, інвалідів або багатодітних сімей за вивезення сміття не передбачено - всі платять однаково.

На сьогоднішній день рівень переробки всіх відходів в Оттаві становить близько 50%. В майбутньому передбачається перехід від сьогоднішньої схеми "роби - використовуй - утилізуй" до так званої безвідходної економіки, коли всі відходи зводяться до мінімуму, а самі матеріали ніколи не викидаються і використовуються повторно або повністю переробляються в нові продукти.

У Канаді в цілому дуже серйозно ставляться до екології, тому екологічному вихованню та освіті приділяють найпильнішу увагу як на федеральному, так і на регіональному рівні. І воно дає результати.

Так, на початку 2018 року в Монреалі (провінція Квебек) - другому за величиною місті Канади - ввели повну заборону на використання одноразових пластикових пакетів в роздрібній торгівлі. Зараз він діє ще в шести муніципалітетах трьох канадських провінцій. В Оттаві супермаркети теж активно закликають покупців відмовлятися від пластикових пакетів. А мережі громадського харчування міста поступово замінюють традиційні пластикові трубочки для прохолодних напоїв на паперові. Деякі канадські виробники на своїх товарах стали вказувати, що упаковка зроблена з перероблених відходів.

Японія. Країна належить до групи держав, які реалізують вже згадувану ініціативу трьох R - reduce, reuse, recycle - по скороченню обсягу, повторного використання та переробки відходів. Японія давно йшла до роздільного збору сміття - в деяких містах його почали сортувати вже з першої половини 1970-х років. В першу чергу збираються призначені для спалювання відходи - горюче кухонне сміття, папір, шкіра і пластик.

В спеціальні контейнери жителі складають ресурси для повторного використання - скляні пляшки, ПЕТ-пляшки, сталеві і алюмінієві банки - все окремо. Також виділяють порожні металеві балончики від аерозолів, сковорідки, чайники і іншу невеликий за розміром металевий кухонний посуд. Окремо йдуть пачки газет і журналів, картон. У деяких районах ще збирають нестандартні відходи - батарейки, лампочки і кераміку.

Великогабаритне побутове сміття - меблі, старі матраци, валізи - можна викинути, тільки попередньо оплативши вивезення. Муніципальна служба не забере такі предмети без оплати відповідного збору. Основна частина витрат покривається за рахунок місцевих податків, які платять японці. Вони відрізняються в різних населених пунктах, але в цілому складають менше 10% від щомісячного доходу.

При зборі робочі сміттєвозів перевіряють, чи відповідає вміст мішків тому, що збирають в цей день тижня. Пакет з "неправильним" сміттям брати не будуть.

А як же в Україні? Всі пам’ятають трагедію в Грибовичах (Львів). Але що змінилось в Україні-зміни незначні. У Львові, після вирішення першочергових питань із вивезенням сміття, місцева влада розробила стратегію поводження з твердими побутовими відходами. Сміттєзвалище, яке Львів використовував майже 60 років, рекультивують та побудують сміттєпереробний завод.

Крім того, запровадять комплекс заходів для підвищення культури поводження з відходами – просвітницькі програми у школах, поступову відмову від поліетиленової упаковки [4]. У листопаді на сесії затвердили рішення про обмеження використання одноразових поліетиленових пакетів у торгових мережах Львова. Навесні, за словами заступника мера, придбають контейнери для компостування органічних відходів та листя.

В інших містах якщо встановлені контейнери, то, як правило, в них скидають органічні відходи, пластик, метал, поліетиленові пляшки. І це все має розкладатись на звалищі століттями. Немає ліній сортування сміття та вторинної переробки. Малозабезпечені громадяни вибирають з контейнерів та здають макулатуру, метал, зменшуючи кількість сміття, але це не вирішує проблем.

В Україні, за даними Мінрегіонбуду, щорічно викидають близько 10 млн тонн сміття, з яких лише 600 тисяч йде на вторинну переробку чи спалюється. Решта захоронюється на звалищах, яких, за офіційними даними, в Україні понад 6 тисяч. У той час як в деяких країнах Європи цей показник рівно протилежний і ми маємо використовувати досвід передових країн та добиватись повного використання відходів. Тобто потрібно і навчання дітей, дорослих і прийняття мір до порушників збирання та використання відходів [5].

Проте насправді проблеми стану довкілля, взаємини у суспільстві, ставлення до довкілля є головними проблемами, які не можуть вирішуватися без загальної освіти окремих індивідуумів, які використовують природне середовище у всьому різноманітті. Сучасний підхід до вивчення світу, довкілля вимагає сьогодні як нового підходу, а й нової логіки міждисциплінарних досліджень.

Треба відзначити, що екологічні проблеми мали місце на порядку денному державних та урядових органів упродовж понад трьох десятиліть. І найсерйозніше до цих проблем віднеслися вчені та суспільства країн Західного світу. І все-таки, незважаючи на різноманіття сучасних досліджень з питань взаємозв'язку екологічної політики та політичної економії, вони не можуть вирішити проблеми екологічної політики самостійно, без участі держави та широкої освіти людей.

При цьому особлива увага має бути приділена питанням повторного використання відходів у різних галузях промисловості держави, тобто можна сказати, що державою, суспільством має «нав'язуватися» умова безвідходного виробництва.

Екологічну ситуацію в Україні можна охарактеризувати як кризову, що формувалася тривалий період через нехтування об'єктивними законами розвитку і відтворення природно-ресурсного комплексу України. Викладене має стимулювати державні структури, навчальні заклади до розширення вивчення екологічних питань і прийняття рішучих заходів з оздоровлення навколишнього середовища.

Висновки. Для вирішення проблем з відходами та покращення екологічної ситуації в державі можуть бути рекомендовані кроки, серед яких:

1. Широке навчання всіх шарів населення основам екологічного виховання за посередництва шкіл, вищих навчальних закладів.

2. Використання радіо, телебачення для розповсюдження знань про екологічну поведінку населення в повсякденній діяльності.

3. Вивчення досвіду розвинених країн Європейського Союзу в боротьбі з відходами для прийняття відповідних рішень.

4. Фінансування державою питань проектування, будівництва заводів з переробки відходів.

Список використаних джерел

1. Звіт про стратегічну екологічну оцінку Державної стратегії регіонального розвитку на період до 2027 року. [2020]. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/02/zvit-seo-pidpys.pdf
2. Нестер А.А. [2016]. Очистка стічних вод виробництва друкованих плат. Монографія. - Видавництво Хмельницького національного університету. 219 с.
3. Нестер А.А. [2017]. Оцінка екологічної безпеки територій підприємств виробництва плат та гальваніки. Збірник наукових праць. Київський національний університет будівництва і архітектури. Екологічна безпека та природокористування. №3-4(24) м.Київ. С.39-433.
4. Галушкіна Т. П., Сафранов Т. А. [2002]. Проблеми безперервної еколого-економічної освіти і принципи її реалізації в Україні. Наукові записки. Біологія та екологія. Том 20.. С.90-94.
5. Балацький О. Ф. Мельник Л. Г. [2008]. Сутність і розрахунки еколого-економічного збитку. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням : підручник / за ред. Л. Г. Мельника, М. К. Шапочки. – Суми : Університетська книга, – С. 270–276.

EXPERIMENTAL DYNAMIC STUDIES OF SINGLE-STAGE GEAR-LEVER OF THE PLANETARY MECHANISM WITH THE USE OF THE SOFTWARE ENVIRONMENT LabVIEW

Neymak V., Romanets T.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The article deals proved the possibility of using gear-lever mechanisms as a drive of base-knitting machines based on satellite curves, which are able to reproduce these mechanisms. At the frequencies of rotation modern BKM presence of unbalanced masses leads to significant dynamic loads on the shafts and pillars mechanism. Unbalanced forces, variable in magnitude and direction, can cause vibration as individual units and the entire mechanism, with the most vibration caused by the inertia of the rotating masses and masses that move back and forth.
This article presents the results of experimental studies of dynamic single-stage planetary gear-lever mechanism. The experimental stand and sensors for determination of reactions at pillars are worked out. Software LabVIEW is used for registration and data processing.
Keywords: Gear-lever of the planetary mechanism, dynamic single-stage, balanced.

Introduction

In the laboratory of the Department of Machines and Apparatus of the Khmelnitskiy National University, one- and two-stage gear-lever planetary mechanisms for driving the working bodies of base-knitting machines were developed.

Works [1,2] proved the possibility of using gear-lever mechanisms as a drive for base-knitting machines based on satellite curves that are able to reproduce these mechanisms. However, the dynamics of these mechanisms at rotation frequencies at which base-knitting machines operate – more than 1500 rpm - have not been studied. At such rotation frequencies, the presence of unbalanced masses leads to significant dynamic loads on the shafts and supports of the mechanism. Unbalanced forces, variable in magnitude and direction, can cause vibration of both individual links and the entire mechanism as a whole, and the largest vibrations are caused by the inertial forces of rotating masses and reciprocating masses. In work [3], possible balancing options were analyzed and a number of measures were taken for this purpose.

The next stage is the study of the dynamic loads of gear-lever planetary mechanisms, in particular, the determination of the reactions in the supports that occur during movement. Determination and analysis of dynamic characteristics of gear-lever planetary mechanisms will make it possible to compare them with other mechanisms used as BKM drives, to develop and test methods for reducing dynamic loads.

Research methodology

The basis of the experiment is the study of the dynamic loads of gear-lever planetary mechanisms, in particular, the determination of the reactions in the resistances that occur during movement. Determination and analysis of kinetostatic characteristics of gear-lever planetary mechanisms will make it possible to compare them with other mechanisms of loop-forming organs of the BKM, to develop and test methods for reducing dynamic loads.

On the basis of SolidWorks models, a stand for experimental studies of dynamic loads of the gear-lever mechanism of the working bodies of the BKM was designed and manufactured, a photo of which is presented (Fig. 1).

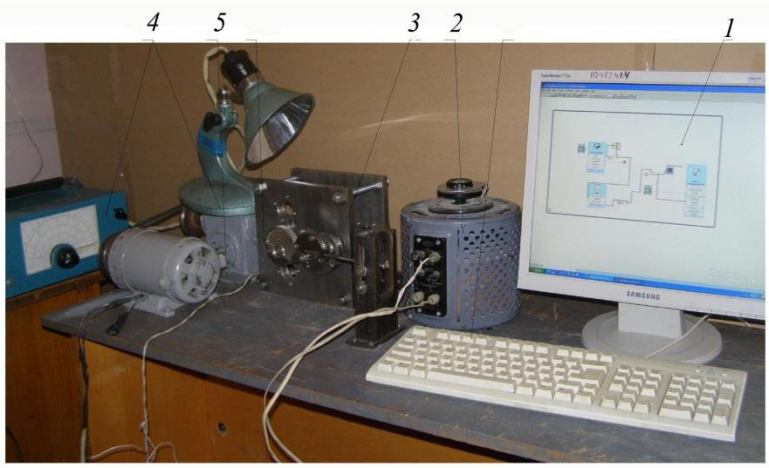


Fig. 1. Stand for experimental studies of dynamic loads of the gear-lever mechanism of the working bodies of the BKM: 1 – computer; 2 – LATR; 3 – gear-lever planetary mechanism; 4 – stroboscopic tachometer; 5 – engine

The kinematic diagram of the stand for experimental studies of dynamic loads of the gear-lever mechanism of the working bodies of the BKM is presented in fig. 2. From the engine 1 through the drive shaft 2, pulleys 21, 24 and belt 4, the movement is transmitted to the shaft 5 of the installation.

A gear 8 is placed on the shaft 5, which is fastened with a screw 20. To synchronize the shafts 7 and 5, an intermediate wheel 9 is used, which is mounted on the intermediate shaft 6, and through the key, it transmits revolutions to the gear wheel 10. The eccentric gears 13 and 14 drive working bodies: connecting rod 15 and 16, needle guide 17, on which the needle 19 is fixed with the help of a screw 18. The counterweight 11 is attached to the shaft 7 with a key joint. The screw 12 fixes the finger, which is the axis of rotation of the central gear wheel 14. The counterweight 11 and the crank 22 serve to balance the mechanism. The geometric parameters of the counterweight 11 and the eccentric wheel 13 were obtained according to the method presented in works [3-8].

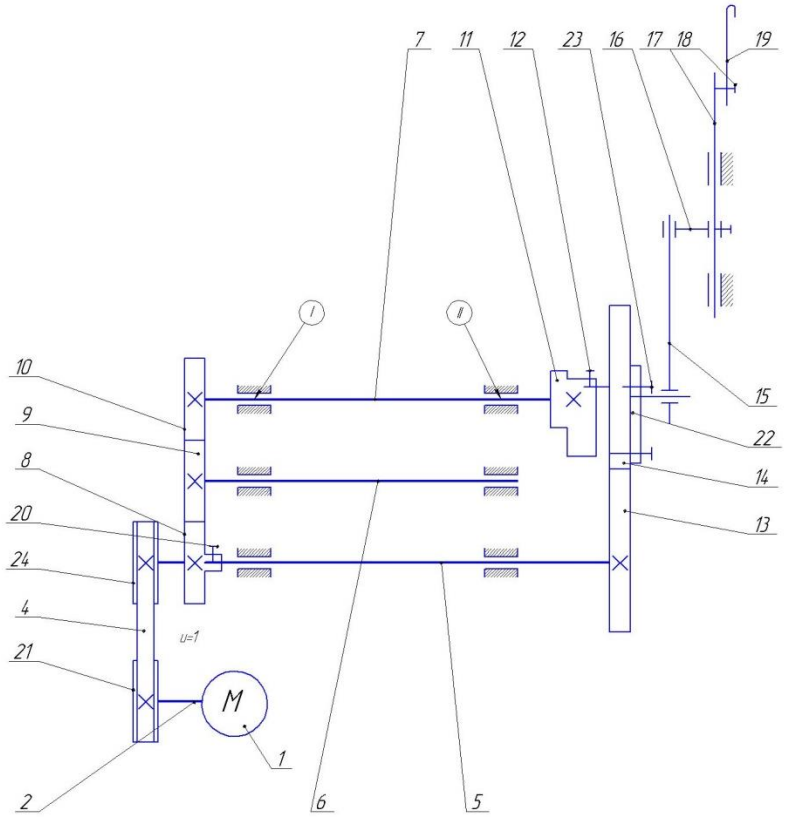


Fig. 2. Kinematic scheme of the stand for researching the mechanism of the working bodies of the BKM based on a single-stage gear-lever mechanism

Sensors for researching the reactions in the supports are placed in the places where the bearings of the shafts I, II are installed (Fig. 3). The experiment was carried out at a speed of rotation of the shaft of the central gear wheel (item 14) of 1500 rpm.

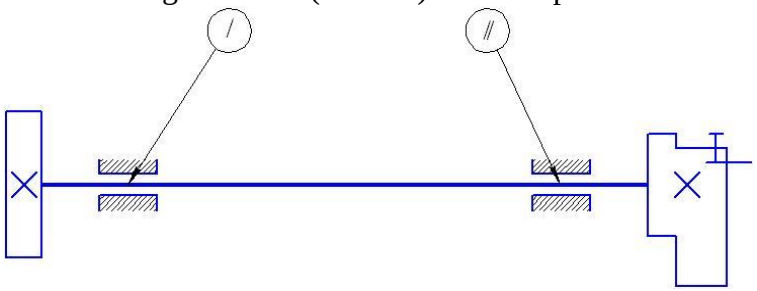


Fig. 3. Sensor placement scheme

To measure the reactions in the supports of the gear-lever planetary mechanism of the working bodies of the BKM, a sensor, presented in fig. 4. The elastic element is made of bronze BROF10-1, the thickness of the wall is calculated in such a way that only elastic deformation occurs in it, preliminary calculations were made for this.

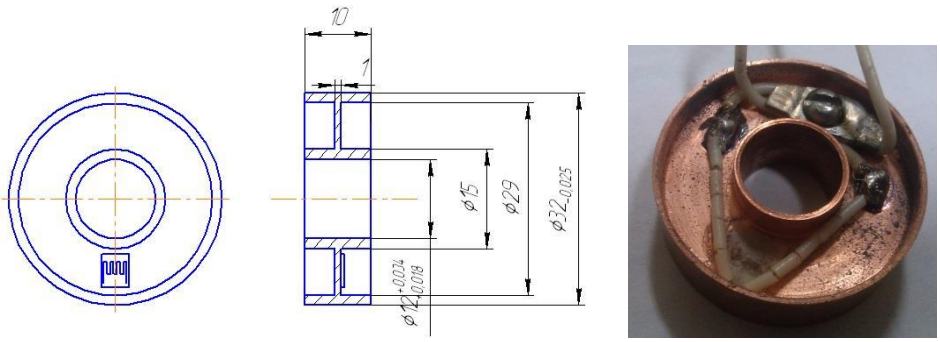


Fig. 4. A sensor for determining reactions in resistances

KF 5P1-3-100-6-16 tensor resistors placed on the vertical plane of the sensor and connected to each other according to a half-bridge circuit are used for sensors for recording reactions in the resistances.

The block diagram of the stand for recording changes in reactions in resistances is presented in fig. 5. The ED electric motor drives the drive shaft of the experimental setup.

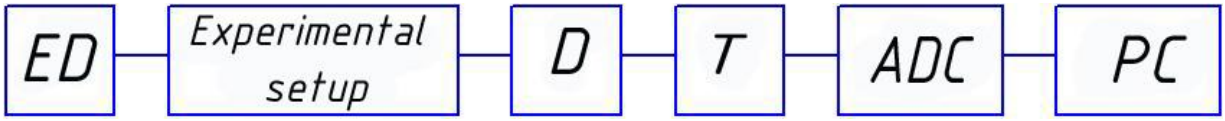


Fig. 5. Block diagram of measurement of reactions in resistances

Signals from the D sensor through the LM358N amplifier and the USB-1009 analog-to-digital ADC converter are fed to the computer, where they are processed using the LabVIEW software environment.

The graphical shell of the LabVIEW environment shows how the responses in resistances change over time. Values of reactions in resistances depending on time are recorded in a file.

Results and discussion

When conducting a study of the dynamic characteristics of a large-scale model of the gear-lever planetary mechanism of the working bodies of the BKM, the sensor was calibrated to determine the reactions in the resistances and the study was carried out using the LabVIEW software environment (Fig. 6).

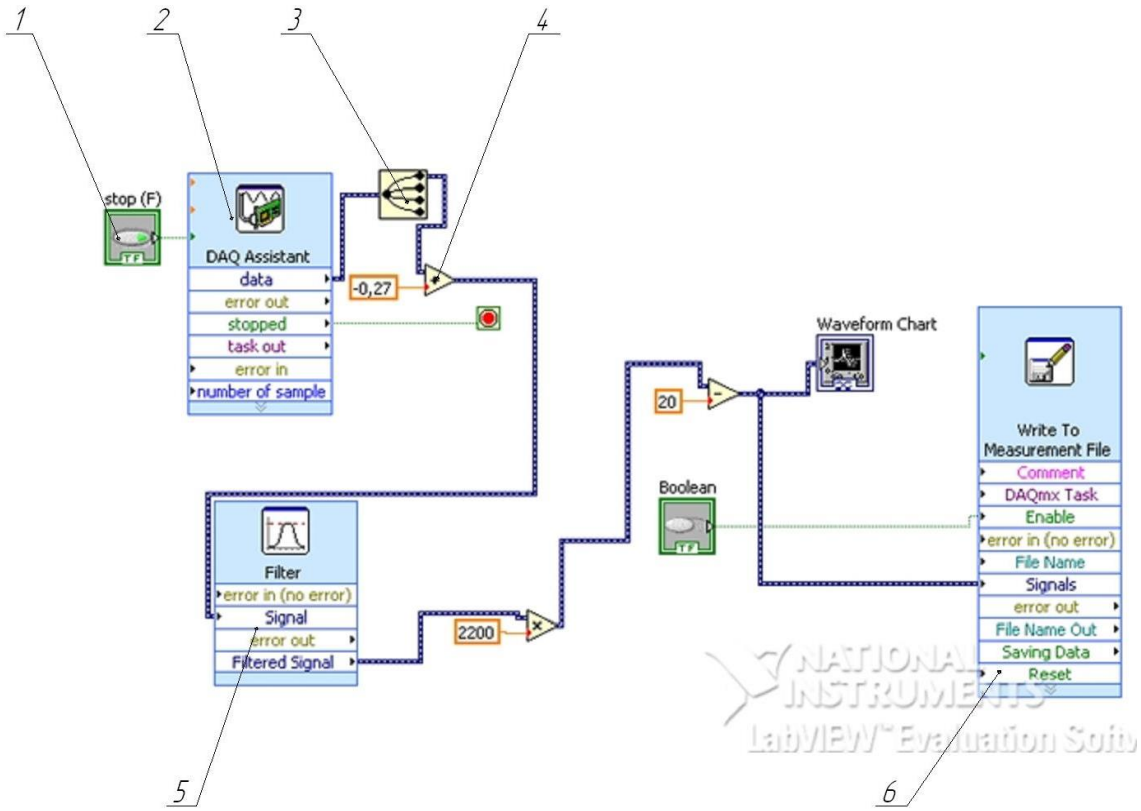


Fig. 6. The layout of the stand in the LabVIEW software environment: 1 – switch; 2 – analog-digital converter; 3 – illuminator; 4 – taring coefficients; 5 – filter; 6 – block of writing to files

The maximum values of the reactions occurring in the supports of the mechanisms were considered. For the single-stage gear-lever mechanism of the BKM loop-forming bodies, this is the load in the support of the shaft of the central gear wheel.

A comparison of the results of theoretical and experimental studies is given in table 1.

Table 1. The results of experimental and theoretical studies of reaction components in crank supports

Type of reaction	Experimental studies	Theoretical studies	Relative error, %
ROx	87	80,5	7,47
ROy	194	191	1,54

Conclusions

From the data presented in table 1, it can be concluded that the maximum discrepancy between the obtained results is 7.47%, which indicates the adequacy of the mathematical model. The analysis of the obtained results of dynamic studies of a single-stage gear-lever planetary mechanism at a rotation frequency of the main shaft of 1500 rpm, with the use of measures to balance the rotating masses proposed in work [3] showed that the maximum value of the reactions in the supports is 194 N, while the maximum the value of the reactions in the supports of the needle mechanism of the BKM "Kokett-2" was 950 N.

Bibliography

1. Smutko S.V. (2001). Development of universal gear-lever planetary drive mechanisms of loop-forming bodies of warp knitting machines. Dissertation for obtaining the scientific degree of Candidate of Technical Sciences. Khmelnitskiy. 206 p.
2. Neymak V.S. (2019) Improvement of loop-forming parts mechanisms of base-knitting machines. Dissertation for obtaining the scientific degree of Candidate of Technical Sciences Kyiv. 203 p.
3. Neymak V. S., Paraska G. B.(2004) Antilibration of a single-stage tooth-lever planetary mechanism. Bulletin of the Khmelnitskiy National University. Technical Sciences. № 5. Khmelnitskiy. P.60-63.
4. Smutko S. V., Neymak V. S., Paraska G. B. (2013) Experimental dynamic research of a single-stage tooth-lever planetary mechanism using the LabView program. Bulletin of the Khmelnitskiy National University. Technical Sciences. №3. Khmelnitskiy.P. 241-244.
5. Neymak V. S., Polishchuk O. S. (2018) Results of researches of BKM drives on the basis of tooth-lever planetary mechanisms using the LabView program. Abstracts of reports international scientific and technical conference «Engineering and technology: science, education, production». Lutsk. P.184-186.
6. Marchuk A. R., Paraska G. B., Neymak V. S. (2010) Experimental dynamic research of the lever-load stabilizer of the average tension of the base threads knitting machines using the LabView program. Bulletin of the Khmelnitskiy National University. Technical Sciences. №2. Khmelnitskiy. P.7-11.
7. Marchuk A.R., Paraska G. B., Neymak V. S. (2015) Mathematical model of filing yarns warp knitting machines. Yale Review of Education and Science. No.1. (16), January-June VOLUME V. Yale. P. 762-769.
8. Neymak V. S., Paraska G. B., Myhal B. V. (2014) Persectives of use tooth-lever planetary mechanisms as a driving force for light industry mashines. Materials of the conference «Modern trends in industrial development». Khmelnitskiy. P.27-30.

ФОРМУВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ З УРАХУВАННЯМ ЗАКОРДОННОГО ДОСВІДУ

Олейнікова Л.Г.[1], Пєстрєцова Р.Я.[2]
[1] ДННУ «Академія фінансового управління», м.Київ, Україна
[2] Запорізький національний університет, м.Запоріжжя, Україна

Анотація. Метою дослідження є розробка ефективної соціально-економічної моделі безпеки для України в сучасних важких для країни умовах, застосовуючи зарубіжний досвід та сучасні методи й підходи. Економіка України наразі проходить дуже складний період. Обговорюючи базові засади безпеки, варто враховувати, що в країні запроваджено воєнний стан і більше року триває кровопролитна війна. З цього випливає, що цілковиту безпеку забезпечити ніхто українцям не зможе, проте об'єктивно необхідно розробити післявоєнні вдалі стратегії розвитку соціальної економіки, впровадити ефективні фінансові й політичні інституції, задля того, щоб вивести Україну з кризового стану.

Досліджено як соціально-економічна безпека на підприємстві впливає на національну соціально-економічну безпеку України. Основне завдання підприємства забезпечити соціально-економічну безпеку усіх ланок функціонування роботи від фінансових до екологічних аспектів. Дуже важливим для бізнесу є стабільність, поступове зростання фінансових показників та рівновага. Безпека в цьому плані відіграє одну з ключових ролей.

Акцентовано увагу, що побудова системи соціально-економічної безпеки достатньо тривалий і складний процес, який потребує налагоджену систему планування, реалізації планів і контролю на підприємстві. Досить важливим є також наявність висококваліфікованих спеціалістів, які мають грунтовні знання і розуміють які підходи безпеки застосовувати в тому чи іншому випадку.

В роботі проаналізовано закордонні приклади побудови СЕБ, досліджено проблеми та виклики України. Резюмовано, що вагомим чинником зовнішнього впливу наразі є війна між Росією та Україною. Українські підприємства страждають від проблем з логістикою, зв'язком з окупованими територіями. Особливо сильно вплинули взимку 2022-2023 постійні обстріли енергосистеми України, постраждала якість і кількість виробництва, подорожчали витрати на виробництво та зменшилась відповідно продуктивність людської праці на підприємстві.

Авторами запропоновано актуальні рішення щодо покращення соціально-економічної безпеки України.

Ключові слова. Соціально- економічна безпека (СЕБ), підприємство, чинники, економічний розвиток, НДДКР, бізнес, загрози, законодавство.

Соціально-економічна безпека країни є одним з головних показників вдалої державної політики й державного керування. У період посткризового становлення економіка особливо потребує використання вдалих соціальних, політичних та економічних інститутів, які забезпечують безпековий стан усіх сфер життя населення. Якщо в країні високий рівень економічної безпеки, то вона має також високий рівень стійкості, здатність до розвитку й адаптування до швидкоплинного світу [8].

Економіка України наразі проходить дуже складний період. Обговорюючи базові засади безпеки, варто враховувати, що в країні запроваджено воєнний стан і більше року триває кровопролитна війна. З цього випливає, що цілковиту безпеку забезпечити ніхто українцям не зможе, проте об'єктивно необхідно розробити післявоєнні вдалі стратегії розвитку соціальної економіки, впровадити ефективні фінансові й політичні інституції, задля того, щоб вивести Україну з кризового стану [5].

Важливим моментом є і те, що вивчення цієї теми в Україні наразі лише на стадії становлення, тож потребує більш глибокого вивчення науковцями та дослідниками. Тоді як за кордоном вже давно впроваджені новітні підходи до поняття соціально-економічної безпеки.

Варто зазначити, що з 2008-2011 рр. світової фінансової кризи та воєнних конфліктів на території багатьох країн підхід до питання безпеки значно змінився. Економічна безпека зараз виступає гарантом незалежності й соборності країни, тому дедалі помітно активізовуються наукові дослідження в цій сфері.

У 2015 р. на Генеральній асамблеї ООН в цілях розвитку були зазначені основні потреби соціально-економічної безпеки країни: рівність, доступ до освіти й медицини для усіх, подолання голоду та фінансових криз.

Враховуючи вплив зовнішніх чинників середовища, досвід зарубіжних країн, соціально-економічна безпека на підприємстві видозмінюється, управлінська політика підприємства спрямовується на задоволення соціальних потреб персоналу, впровадження принципів соціальної відповідальності та культури на підприємстві [6].

Проблемні питання забезпечення соціально- економічної безпеки досліджували вітчизняні та закордонні науковці, а саме: Череп А.В. [1, 2, 3, 4], Бабміндра Д.І. [1], Худолєй Л.В. [1], Кусакова Ю.О. [1], Сіменавічене Ж.І. [4], Сіменавічене А. [4]. Але не вирішеними залишаються питання адаптації закордонного досвіду щодо забезпечення соціально- економічної безпеки.

На сучасному підприємстві важливо враховувати не тільки планування економічного розвитку, а й соціального. Ці дві сфери тепер йдуть опліч одна одній та стають невід'ємними пунктами у стратегічному плануванні розвитку підприємства. Саме тому в умовах глобалізації та підвищення інтересу до соціально-економічного планування діяльності питання економічної та соціальної безпеки стає надзвичайно актуальним та важливим.

Виклад основного матеріалу дослідження. Соціально-економічна безпека - це синтетична категорія юридичної, політичної, економічної, психологічної та соціологічної наук, які тісно пов'язані з категоріями політичної і економічної незалежності та залежності, стабільності й вразливості, політичного і економічного тиску та, навіть, шантажу, примусу й агресії, що тісно пов'язані з воєнно-політичною безпекою, актуальною сьогодні для України [9].

Соціально-економічна безпека підприємства – це створення системи взаємовигідних партнерських відносин між персоналом та керівництвом підприємства, яка забезпечує задоволення матеріальних та нематеріальних потреб працівників та реалізацію інтересів підприємства [6].

Основне завдання підприємства забезпечити соціально-економічну безпеку усіх ланок функціонування роботи від фінансових до екологічних аспектів. Дуже важливим для бізнесу є стабільність, поступове зростання фінансових показників та рівновага. Безпека в цьому плані відіграє одну з ключових ролей.

Система соціально-економічної безпеки підприємства (ССЕБП) – це комплекс організаційно-управлінських, режимних, технічних, профілактичних і пропагандистських заходів, спрямованих на кількісну реалізацію захисту інтересів підприємства від зовнішніх та внутрішніх загроз [6].

Головними завданнями соціально-економічної безпеки підприємства є:

- захист інтересів персоналу та підприємства;
- аналіз зовнішніх і внутрішніх загроз для підприємства;
- виявлення, попередження й припинення будь-яких протиправних дій з боку співробітників;
- захист персоналу підприємства від насилля;
- охорона будинків, території, офісів, капіталу і транспортних засобів;
- робота над сприйняттям підприємства соціумом та покращенням показників продажів у зв'язку з цим контролювання ефективності роботи системи соціально-економічної безпеки.

Побудова системи соціально-економічної безпеки достатньо тривалий і складний процес, який потребує налагоджену систему планування, реалізації планів і контролю на підприємстві. Досить важливим є також наявність висококваліфікованих спеціалістів, які мають грунтовні знання і розуміють які підходи безпеки застосовувати в тому чи іншому випадку.

За формування системи соціально-економічної безпеки варто враховувати базові аспекти, яких варто дотримуватись:

- забезпечення конфіденційності на підприємстві;
- дотримання Закону України;
- захист прав персоналу;
- налагодження зв'язків в середині підприємства;
- дотримання корпоративної етики.

Підхід до формування системи безпеки на підприємстві може відрізнятись у різних організаціях, проте на базові аспекти слід орієнтуватись кожному керівнику. На формування системи безпеки може піти досить багато часу й зусиль, проте її наявність завжди буде допомагати у досягненні цілей підприємства.

Варто не забувати про постійну оцінку ефективності роботи цієї системи, за потреби вдосконалення і втручання в процеси. Вдала система безпеки на підприємстві повинна закривати основні болі, які були перелічені вище, та обов'язково враховувати особливості функціонування конкретного підприємства. Підприємство повинно:

1) вдало запобігати можливим загрозам безпеці;
2) вчасно реагувати на виклики й позбуватись них у найкоротші терміни;
3) ефективно боротись з наслідками й розробляти стратегії покращення функціонування системи.

При аналізі також важливо розуміти безпекову ситуацію в країні перебування підприємства. До прикладу, на українському підприємстві наразі, коли триває війна, неможливо забезпечити безпеку будівель, адже ракетні удари підприємство відбивати об'єктивно не зможе.

Що робить український підприємець? Виходів є декілька:

- в зоні близькій до бойових дій перевести максимально усіх працівників (наскільки це можливо) на онлайн формат роботи;
- облаштувати підвальне приміщення/сховище необхідними речами для роботи та продовжувати працювати під час повітряних тривог;
- обов'язково застрахувати приміщення й персонал.

Так виходять зі скрутного становища українські підприємці й незважаючи ні на що продовжують працювати на економіку України.

Отже, якщо підприємство в змозі ефективно реагувати на усі загрози безпеці навіть в умовах дії непереборної сили, знаходити шляхи покращення ситуації, то можна зробити висновок, що система соціально-економічної безпеки функціонує як треба.

Для оцінювання рівня соціально-економічної безпеки підприємства можна використовувати наступні методи: економіко-математичне моделювання, метод експертних оцінок, бенчмаркінг та інші [6]. А використання їх у купі дасть об'єктивно повну картину роботи цієї системи.

Кожна країна має свої особливості розвитку, сильні й слабкі сторони, знаючи які країна може обирати для себе найкращу економічну й соціальну політику. В таких питаннях зазвичай першим йде аналіз потреб, дослідження актуальних методик. Далі починають вводити обрані варіанти експерементальним методом на підприємства та досліджувати їх ефективність. Таким чином обираються найкращі варіанти.

Хороший рівень СЕБ на підприємстві говорить про те, що дане підприємство може відгукуватись на запити ринку, досить конкурентоспроможне та має високий

економічний розвиток. Це доводить необхідність для кожного підприємства підтримувати соціально-економічну безпеку, враховуючи особливості своєї країни, законодавства та усталених норм.

Дослідимо собливості забезпечення СЕБ у розвинених країнах світу.

В США передусім впровадили концепцію високої якості трудового життя для підвищення продуктивності праці, із робочої атмосфери зробили товариство, яке стає важливою частиною життя людини й підвищує задоволення від роботи, мотивацію працювати та генерувати ідеї, покращили умови праці для кожного робітника.

Також використали використання програм профілактики і боротьби з соціально-економічними злочинами у взаємодії правоохоронних органів країни з державними та приватними установами охоронних і детективних агенцій.

В США є особлива система мотивації праці персоналу, яка полягає в тому, щоб винагороджувати працівника за його індивідуальні здібності, досягнення в роботі, внесок в командну роботу тощо. На підприємстві намагаються максимально безконфліктно вирішувати ситуації та застосовувати протиконфліктні заходи у колективі.

При прийомі на роботу працівники інтелектуальної праці обов'язково підписують договір про нерозголошення (NDA) для захисту комерційної таємниці та інтелектуальної власності. Існує високий рівень захисту комерційної інформації, двохфакторна аутентифікація, персональні паролі для кожного співробітника.

Головна ідея СЕБ в Японії це те, що соціально-економічна безпека на підприємстві це невід'ємна частина соціально-економічної безпеки всієї країни.

Уряд Японії здійснює централізоване регулювання розвитку НДДКР, дуже часто здійснює фінансування початку найризикованіших для приватного бізнесу НДДКР. На стадії розроблення інноваційних проектів активно залучаються приватні фірми, на пізніших стадіях інноваційні розробки реалізують лише приватні компанії.

Також в Японії існує система довічного найму, колективізм у роботі, високий рівень соціального забезпечення, медичного страхування, що підвищує довіру працівників до компанії. В колективі намагаються сформувати атмосферу рівності, порозуміння та низького рівня конфліктності, покращують стосунки в колективі шляхом близької взаємодії, спільних брейнштормів, ідей та корпоративів, що підвищує бажання працювати та бути творчим на роботі, не сприймати роботу на підприємстві як щось важке.

Цікаво, що в Японії відсутні закони, які б забороняли розголошувати корпоративні таємниці компанії, ділитись інформацією з конкурентами чи працювати паралельно з конкурентами, але відсоток японців, які так вчиняють надзвичайно малий. Це говорить про те, що люди в Японії сприймають роботу як другий дім, є відданими та сумлінними працівниками.

На японських підприємствах активно залучають до генерації нових нестандартних ідей, заохочують до активності працівників й обов'язково нагороджують за результатами творчої роботи додатково, чим також підвищують зацікавлення японців у досягненні підприємством спільної мети.

У Франції є свій особливий підхід до формування системи безпеки на підприємстві. Переважно на розвинених підприємствах залучають спеціальні охоронно-детективні агентства, які опікуються безпекою та захистом даних .

Робітники таких агентств обов'язково перевіряють усіх працівників, яких підприємство збирається взяти на роботу, їх конфіденційні дані, родинні та дружні зв'язки , історію роботи та навчання тощо.

Застосовуються методики оцінки персоналу, яка передбачає бальну оцінку ефективності праці працівника (від 0 до 120 балів) за шістьма показниками: професійні

знання, продуктивність праці, якість роботи, дотримання правил техніки безпеки, етика виробництва, ініціативність. Ці показники не лише оцінюються, а й нагороджуються у вигляді премій, підвищень посад та заробітної плати.

Агентства з безпеки й детективних досліджень також розробляють методики захисту конфіденційної інформації підприємств, шукають потенційні небезпечні місця й працюють над захистом даних, особливо, якщо мова йде про великі обсяги інформації.

Система безпеки на підприємстві в Німеччині дещо схожа з французької, адже на німецький підприємствах також активно залучають детективно—охоронні організації. Такі агентства виявляють потенційні та наявні загрози, правопорушення.

Агентства також можуть працювати у консультативному форматі, надавати керівникам підприємств звіти щодо безпекової ситуації та радити заходи щодо покращення безпекової складової. Якщо підприємство активно працює на експорт, то агентства також активно працюють на міжнародну фінансову безпеку, досліджують іноземних інвесторів, клієнтів та конкурентів, проводять безпекові заходи та консультують.

Часто саме іноземні конкуренти намагаються заволодіти секретною інформацією та конфіденційними даними, аби використати в своїх цілях, тому у Німеччині над таким захистом активно працюють, аби не допустити відтоку інформації в неправильні руки.

До підбору персоналу, очевидно, що підходять з такою ж самою уважністю та уважно досліджують дані кожного потенційного працівника, проводять співбесіди в декілька етапів, просять потенційних працівників проходити психологічні тести. Таким чином підприємство піклуються про внутрішню гармонію та безпекове середовище підприємства.

Рівень мотивації персоналу на підприємствах залежить від продуктивності та ступеня складності праці, кваліфікації працівника. За зростання продуктивності праці та індивідуальні досягнення працівникам виплачують бонуси. Підприємства мають великі соціальні програми для найманих робітників (соціальне страхування, харчування, оплата спортивних і культурних програм тощо), що сприяє забезпеченню СЕБ [7].

Для України дуже важливо досліджувати, вивчати й розуміти особливості соціально-економічної безпеки в розвинених країнах та прагнути обрати найкраще для себе з цих підходів.

Як правило, СЕБ в країнах, що розвиваються не має чіткої структури та визначених норм. На жаль, та ж ситуація відбувається і з українськими підприємствами. Беззаперечно на багатьох державних підприємствах є соціальні програми для найманих робітників (соціальне страхування, оплата відпочинків на турбазах), що збільшують продуктивність праці й мотивацію (практика Німеччини). У великих приватних компаніях також використовуються принцип конфіденційності, тобто, коли людину приймають на роботу, вона зобов’язана підписати договір про нерозголошення виробничих таємниць, надають персональний комп’ютер і індивідуальні паролі входу (практика Японії та США). Проте чітку структуру дії і план створення СЕБ не мають 90% підприємств в Україні, тож цю сумну статистику час виправляти, а особливо активно після війни, аби українська економіка мала можливість бути на рівні з провідними економіками світу, а рівень щастя й соціальної забезпеченості людей доріс до рівня Швейцарії. За активних досліджень й реформ усе це можливо.

Зовнішні чинники впливу на СЕБ. Перш за все важливу роль грає Закон України про Бюро економічної безпеки (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2021, № 23, ст.197)

Цей Закон визначає правові основи організації та діяльності Бюро економічної безпеки України. Відповідно до статті 1 Бюро економічної безпеки України - це центральний орган виконавчої влади, на який покладаються завдання щодо протидії правопорушенням, що посягають на функціонування економіки держави. Відповідно до

покладених завдань Бюро економічної безпеки України виконує правоохоронну, аналітичну, економічну, інформаційну та інші функції.

За положенням закону саме Бюро економічної безпеки опікується соціально-економічною безпекою України на різних рівнях функціонування : встановлює правила, контролює та впливає на порушників.

Набагато активніше Бюро запрацювало під час повномасштабної війни, адже тепер роботи стало набагато більше, а забезпечувати безпеку набагато складніше, та деякі статті все ще лише написані на папері, а на ділі не функціонують належним чином.

Бюро економічної безпеки України у процесі своєї діяльності взаємодіє з органами державної влади, органами місцевого самоврядування, іншими органами влади, підприємствами, установами та організаціями, банками та іншими фінансовими установами відповідно до закону, такі як: Державна служба фінансового моніторингу, Національна комісія з цінних паперів і фондового ринку, Антимонопольний комітет та інші.

Вагомий чинник зовнішнього впливу наразі – війна між Росією та Україною. Українські підприємства страждають від проблем з логістикою, зв’язком з окупованими територіями. Особливо сильно вплинули взимку 2022-2023 постійні обстріли енергосистеми України, постраждала якість і кількість виробництва, подорожчали витрати на виробництво та зменшилась відповідно продуктивність людської праці на підприємстві.

Через постійні обстріли робота офлайн унеможливлювалась все більше й більше, а забезпечення онлайн роботи за постійних відключень світла теж була недостатньо продуктивною, тож спостерігалась як загальна рецесія економіки України, так і рецесія безпеки й прибутків підприємств.

Внутрішні чинники впливу на СЕБ. Підвищення ділової активності підприємництва, раціональне інтегрування діяльності суб'єктів господарювання підприємництва, гармонізація діяльності суб'єктів господарювання, раціоне поєднання інтересів галузей – все це засади соціально-економічної безпеки регіону [8]

Тож одним з внутрішніх чинників впливу на соціально-економічну безпеку є гармонія на підприємстві. Під терміном «гармонія» маємо на увазі налагодженість роботи, чітко визначений статут і захист прав працівників. Коли кожна ланка забезпечення виробництва, процесу виробництва, збуту, маркетингової стратегії, кадрової та фінансової політики підприємства діє злагоджено і має чітко визначену й прораховану мету – економічна діяльність підприємства захищена.

Фінансовий стан підприємства потужно впливає також, адже якщо підприємство в змозі виплачувати усі борги, приносити відносно стабільні прибутки, пристосовуватись до змін на ринку – створюється інвестиційно привабливий клімат.

Внутрішньо на СЕБ, очевидно, будуть впливати статути підприємства, поведінка керівників у вирішенні конфліктів і проблемних питань, рівень забезпечення конфіденційності. Важливо, забезпечити конфіденційність даних кожного працівника, надати соціальні гарантії та привілеї (за можливості). Таким чином можна не лише підвищити мотивацію робітника працювати ефективніше й натхненніше, а й забезпечити соціальні потреби персоналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alla Cherep , Dmytro Babmind ra Lina Khudoliei Yuliya Kusakova. Assessment of the level of financial and economic security at machine-building enterprises: evidence from Ukraine. Problems and Perspectives in Management . Volume 18, 2020. Issue #1. pp. 33-47. http://businessperspectives.org/problems-and-perspectives-in-

management/issue-340/assessment-of-the-level-of-financial-and-economic-security-at-machine-building-enterprises-evidence-from

2. Череп А.В., Сопіна А.Є. Проблемні питання фінансової безпеки соціальної сфери України. World science: problems, prospects and innjvations «Abstracts of V International scientific and practical conference» Toronto/ January 27- 29, 2021. - P. 1188- 1196
3. Череп А.В., Сопіна А.Є. Особливості забезпечення фінансової безпеки соціальної сфери України СтаттяThe world of science and innovation «Abstracts of V International scientific and practical conference» London/ January 14- 16, 2021. - P. 1147- 1152
4. Simanavičienė Žaneta; Simanavičius Artūras; Cherep Alla. Economic security indicators during the COVID-19 Pandemic: a Cross-Country Comparative Analysis// Europe Alone : Small State Security without the United States / edited by David Schultz, Aurelija Pūraitė, Vidmantė Giedraitytė. Lanham : Rowman & Littlefield International, 2022, Chapter 4. ISBN 9781538167281. eISBN 9781538167298. p. 91-107. [M.kr.: S 004]. https://books.google.com.ua/books?id=DeuLEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false. Europe Alone : Small State Se-curity without the United States / edited by David Schultz, Au-relija Pūraitė, Vidmantė Giedraitytė. Lanham
5. Вінічук М.В., Наконечна Н.В. Економічна безпека держави: соціальноекономічний вимір: Навчальний посібник / М.В. Вінічук, Н.В. Наконечна.– Львів, Ліга-Прес: 2017. – 322 с.
6. Соціально-економічна безпека : навч. посіб. / О. В. Безпалько, А. Д. Бергер, Т. М. Березянко, О. І. Драган, Л. М. Мазник, А. О. Левчук, О. М. Олійниченко, Л. І. Тертична, Н. М. Чеснік, О. А. Чигринець [За заг. ред. О. І. Драган]. – К.: Кафедра, 2019. – 277 с
7. В.О Шведун, Л.М Грень / Стратегічна модель забезпечення соціально-економічної безпеки держави в умовах сучасних викликів (ред. 23.02.2021 р) – 4 с.
8. Bohdan Danylyshyn, Svitlana Onyshchenko, Oleksandra Maslii / Socio-economic security: modern approach to ensuring the socio-economic development of the region : 02.12.2019 p. – 8 p.
9. Кузьменко В. П: Стаття Соціально-економічна безпека держави в регіональному вимірі – 4 с.

NANOMODIFIED FLUOROPOLYMER COVERAGES ON METALLIC SURFACES

Oleksandrenko V.P.[1], Svidersrkyi V.P.[1], Kyrychenko L. M.[1], Danylenko I. A.[2], Yefymenko V.V.[3], Neliubin Y. M.[1]
[1]Khmelnytsky National University, Ukraine
[2]Donetsk Physical- Technical Institute of National Academy of Sciences of Ukraine,
[3]National Aviation University, Ukraine

Abstract: Methods for improving the physical and mechanical properties and damage resistance of fluoropolymer coatings on metal surfaces are analyzed. The influence of the composition and conditions of formation of multilayer fluoropolymer coatings on their adhesive strength, elasticity, impact resistance, microhardness, resistance of coatings to scratching damage. A description of technological operations is given, and the characteristics of the developed coatings based on the fluoropolymer F-30P are presented. Fluoroplastic coating contains 1-3 mass. % ZrO2 + 3% Y2O3 (500 ˚C), or 1-3 mass. % ZrO2 + 3% Y2O3 (700 ˚C), or 1-3 mass % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): Zr(Y)O(OH)2 and 17 mass % of graphite C-1, as well as 1 mass % of aerosil-based amino silica. The mass content of graphite C-1 in the outer layer was reduced from 20 % to 17 % compared to the intermediate layer to ensure sufficient adhesive strength, thermal conductivity and electrical conductivity of the coating. Melting of the outer layer of the three-layer coating based on fluoropolymer F-30P was performed at a temperature of 228-235 °C for two hours and cooled to room temperature at a rate of 30-40 °C per hour. It has been established that the introduction of zirconium oxide nanomodifiers contributes to the intensive structuring of the fluoropolymer matrix, since nanoparticles can create ensembles by the type of clusters. As a result, a reinforced polymer system is created that is characterized by increased strength and tribotechnical characteristics. Thus, the resistance to scratching damage for three-layer fluoropolymer coatings increases from 5.02 to 14.35 times compared to the unmodified fluoropolymer coating F-30 P. Zirconium oxide nanomodifiers contribute to the improvement of elasticity and impact strength of the developed fluoropolymer coatings. Studies of the microhardness of three-layer fluoropolymer coatings have shown that the microhardness increased. The lowest microhardness of a three-layer fluoropolymer coating consisting of the outer layer of fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 2 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): Zr(Y)O(OH)2 in comparison with fluoropolymer coatings modified with zirconium oxide nanopowders can be explained by the amorphous structure of the nanomodifier. The peculiarities of forming the primer, intermediate, and outer layers of the fluoropolymer coating are noted. The method for applying nanomodified fluoropolymer coatings by electrodeposition on metal surfaces has been developed. Recommendations on the usage of the obtained research for the nanomodified fluoropolymer coatings obtaining with high adhesion to metal surfaces in the primer layer and wear resistance in the outer layer are given. Fluoropolymer coatings promote heat dissipation through the metal surface, significantly reduce the thermal stress of the friction unit and ensure reliable operation at low temperatures. The film formed by this coating on the metal surface eliminates structural defects and increases the density of parts, reduces vibration and noise due to friction. Fluoropolymer coatings are effective in protecting chemical equipment.
Keywords: adhesion, fluoropolymer, coatings, composition.

The reliability of machines and mechanisms is determined mainly by the quality of the working surfaces of parts, which are purposefully formed at the final stages of technological processes (geometric accuracy, macro- and microgeometry, physical and mechanical properties of the material, stress-strain state of the surface layer). The use of fluoropolymer composite coatings on metal working surfaces can successfully solve the problem of creating friction surfaces with the required set of performance parameters, such as reliability, wear resistance, contact endurance, and fatigue strength. The use of thin fluoropolymer coatings is a promising

area that opens up wide opportunities for controlling the physical and mechanical properties of interacting surfaces [1,2].

One of the key tasks in the formation of fluoropolymer coatings on metal surfaces is to obtain metal-polymer compounds with high adhesive strength and wear resistance. The reduced adhesion properties of fluoropolymers used for anti-corrosion, electrical insulation and antifriction coatings require the introduction of metal or polymer modification processes to increase the strength and durability of adhesive metal-polymer compounds. This is achieved by establishing or strengthening chemical, physical, or physicochemical bonds, as well as by increasing the adhesive contact surface [3,4].

Various types of coatings with wear resistance properties and antifriction action in the self-lubrication mode are described in detail in [5,6]. The problems of creating antifriction coatings based on high molecular weight compounds with improved thermal and heat-resistant characteristics are discussed in [6,7]. Paper [7] highlights the general experience of research, design, and calculation of polymer-coated sliding bearings operating without lubrication, as well as in aggressive environments and at high temperatures. Fluoropolymer coatings are characterized by high chemical and thermal resistance, low and stable friction coefficient. However, due to their relatively low mechanical strength and cold flow, fluoropolymer coatings in their pure form are not used in loaded antifriction units [7].

The best results in terms of wear resistance of fluoropolymer coatings have been achieved by using complex fillers consisting of synthetic fibers and metal powder. Graphite, coke, molybdenum disulfide, boron nitride, fine metal powders (lead, copper, bronze), crushed glass fiber, carbon graphite or synthetic fibers, and other antifriction fillers are used as filler components for self-lubricating fluoropolymer coatings [5-7].

It is important to note that to ensure the required electrical strength, coatings include graphite components. The content of fillers in coatings is usually 1-20% by weight. A high content of fillers can lead to a deterioration in strength characteristics.

A promising method of modifying polymers to improve their physical and mechanical characteristics and wear resistance is the use of unconventional components in the form of solids in an ultradispersed state [8,9]. Carbon graphite nanoparticles of detonation synthesis (UDAG, UDAV), fluorinated carbon black (FC), fullerenes (FL), carbon nanotubes (CNT), metal powders, and oxides are used as ultradispersed compounds UDC [8,9].

ZrO_2-based nanoceramic materials have a unique set of physical and mechanical properties [9]: due to a special synthesis technology, these ceramic materials are characterized by high strength, fracture toughness, and wear resistance, which distinguishes them from existing analogues. They also exhibit the required performance properties at high temperatures (over 1600 ºC) and in corrosive environments without significant degradation of mechanical properties.

Therefore, to improve the physical, mechanical, and antifriction characteristics of coatings made of fluoropolymer materials, it is advisable to use the principle of multilevel modification of the polymer matrix [10]. This principle is realized through the introduction of a mixture of fillers of different composition and dispersion, as well as nanodispersed particles selected from the group of zirconium oxides into fluoroplastics.

The low level of development of the topic of the use of nanoparticles in tribotechnical composite materials based on fluoropolymers is associated with difficulties in the technological process of forming such composites.

Fluoropolymer coatings are widely used in the food and chemical engineering industry. The application of fluoropolymer coatings can significantly reduce the adhesion of the treated substances to the working surfaces of parts and friction units, as well as to tanks, bins and conveyors. This helps to avoid losses of raw materials and finished products, improves product quality and increases labor productivity, as it reduces the need for frequent cleaning and

lubrication of equipment. Fluoropolymer coatings are also effective in protecting chemical equipment that operates in harsh environments, such as centrifuge rotors, filter parts, mixers, and tank equipment. Their unique properties, including chemical resistance to most chemicals, low coefficient of friction, and resistance to wear and impact, make them popular in applications for insulating winding, installation, and specialty wires in electric motors, generators, transformers, and other devices.

However, the weakness of fluoroplastic coatings is their low adhesive strength to metal substrates and insufficient wear resistance. Therefore, research aimed at overcoming these shortcomings is quite relevant.

The aim of the study is to create a fluoropolymer coating with a primer layer that has high adhesion to the metal surface and a wear-resistant outer layer, to study its properties, and to develop the technology of electrodeposition.

To achieve this goal, the following tasks were solved:

- to develop the composition and temperature and time regime for the formation of a fluoropolymer coating with high adhesion to metal surfaces of the primer layer and wear resistance of the outer layer;

- to develop a technology for electrostatic application of fluoropolymer coating on a metal surface and study its properties.

In this study, fluoropolymer coatings based on a copolymer of trifluoroethylene with ethylene, in particular, fluoropolymer-30 grade P. These coatings contain fillers of adhesion promoters and nanomodifiers.

Colloidal graphite preparation C-1 and highly dispersed amino-organosilicon silica based on aerosil were used as fillers for the fluoropolymer coating composition. Zirconium oxide nanopowders with various impurities were used as a functional additive: ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C), ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C), and zirconium hydroxide doped with yttrium ions with a yttrium concentration of 3 mol%. The particle sizes of the powders were determined by X-ray diffraction (XRD) on a Dron-3 X-ray diffractometer using Cu-Kα radiation for crystallite sizing and quantitative phase analysis. Transmission electron microscopy (TEM) (model JEM 200, manufactured by Jeol, Japan) was also used to estimate the particle size. According to the SEM and TEM data, the particle size of the powders was found to be 18 ± 2 nm.

Cold-rolled steel sheet of the 08kp standard was used as the metal surface material. To prepare the composition, a crusher-mill MPP-1 with hollow blades with a rotation speed of 7000 rpm was used.

The technological process of applying a fluoropolymer coating to a metal surface included the following steps

a) surface preparation, including degreasing, removal of contaminants and oxides, as well as surface conversion to improve adhesion and corrosion protection (phosphating); b) application of a powder coating layer to the surface; c) formation of the coating film, including melting, hardening and cooling.

To improve the protective properties and increase the service life, especially during operation in atmospheric conditions, the surface was phosphated before applying the fluoropolymer coating. The fluoropolymer coatings were applied by electrostatic spraying. This method involves the deposition of charged polymer particles on the surface of a part that has an opposite charge.

The coating procedure on the metal surface was performed by electrostatic powder spraying. The first layer was applied under an electric field with a voltage of 50 kV, and subsequent layers were applied at a voltage of 60-70 kV. The coated metal plate was subjected to heat treatment for two hours at a temperature of 228-235 °C, after which it was cooled to room temperature at a rate of 30-40 °C per hour [11].

The methodology for the study of composite materials for coatings included the determination of such parameters as coating thickness, adhesion and resistance to scratching damage, strength and elasticity, impact resistance, abrasion tests, microhardness and corrosion resistance.

To determine the thickness of the coatings, the NOVOTEST TP-2020.

Adhesion and scratch resistance tests were performed in accordance with ASTM D 2197 using the NOVOTEST C1-M.

To study the resistance of fluoropolymer coatings to tensile, cracking, and peeling from a metal surface, the Eriksen die indentation method was used.

To study the strength impact of fluoroplastic coatings, we used the NOVOTEST UDAR U1-4219-0.5 m device.

The impact strength of the coating was determined by the formula:

$$U = mgH, \tag{1}$$

where U – is the strength of the coating, J; m is the mass of the load, equal to 3 kg; g - the acceleration of free fall (9.8 m/s2); H - the height of the load, m.

The microhardness of fluoroplastic coatings was studied using the PMT-3 device.

The microhardness number in MPa was determined by the formula:

$$H_V = \frac{1854 \cdot P}{d^2} \cdot 9{,}81, \tag{2}$$

where P - the load in g; d - the size of the diagonal of the imprint in μm, $d^2/1854$ is the area of the side surface of the resulting pyramidal imprint in μm^2.

Using a device for determining the adhesion and resistance of coatings to scratching damage NOVOTEST Ц1-М, studies of the resistance of coatings to scratching damage at a load of 7 kg (68.6 N) were carried out for three-layer coatings of fluoropolymer F-30P in which the primer layer contained fluoropolymer F-30P - 72 mass %, graphite C-1 - 25 mass %, aerosil-based amino-organosilica - 3 mass. %.

The composition of the intermediate fluoropolymer layer differs from the primer layer by a slightly lower number of adhesion promoters, which should be sufficient for adhesion to the primer layer. In addition, it is advisable to add fillers with high thermal and electrical conductivity to the intermediate layer. This is especially important for electrostatic application of fluoropolymer coatings. Composition of the intermediate fluoropolymer layer: fluoropolymer F-30P – 79mass %, graphite C-1 - 20 mass%, aerosil-based amino silica - 1 mass%.

The melting of the primer and intermediate layers based on fluoropolymer F-30P was performed at a temperature of 245-250 °C for one hour.

Since the main task of applying the outer layer of the fluoroplastic coating based on F-30P is to increase wear resistance, 1-3 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C), or 1-3 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C), or 1-3 mass % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$ and 17 mass % of graphite C-1, as well as 1 mass % of aerosil-based amino silica. The mass content of graphite C-1 in the outer layer was reduced from 20 % to 17 % compared to the intermediate layer to ensure sufficient adhesive strength, thermal conductivity and electrical conductivity of the coating.

Melting of the outer layer of the three-layer coating based on fluoropolymer F-30P was performed at a temperature of 228-235 °C for two hours and cooled to room temperature at a rate of 30-40 °C per hour.

The analysis of the results showed that the introduction of zirconium oxide nanomodifiers contributes to the intensive structuring of the matrix, since nanoparticles can create ensembles by the type of clusters. As a result, a reinforced polymer system is created that is characterized by increased strength and tribotechnical characteristics. Thus, the resistance to scratching damage increased for three-layer fluoroplastic coatings, the outer layer of which includes: a) 17mass % graphite C-1 + 1 mass% aerosil-based amino silica + 1 mass% ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C) in 5.02 times, b) 17mass % graphite C-1 + 1 mass% amino silica based on aerosil + 1 mass% ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C) by 8.98 times, c) 17 mass % graphite C-1 + 1 mass % aerosil-based amino silica + 2 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$ by 14.35 times compared to the unmodified fluoropolymer coating F-30 P (Fig. 1).

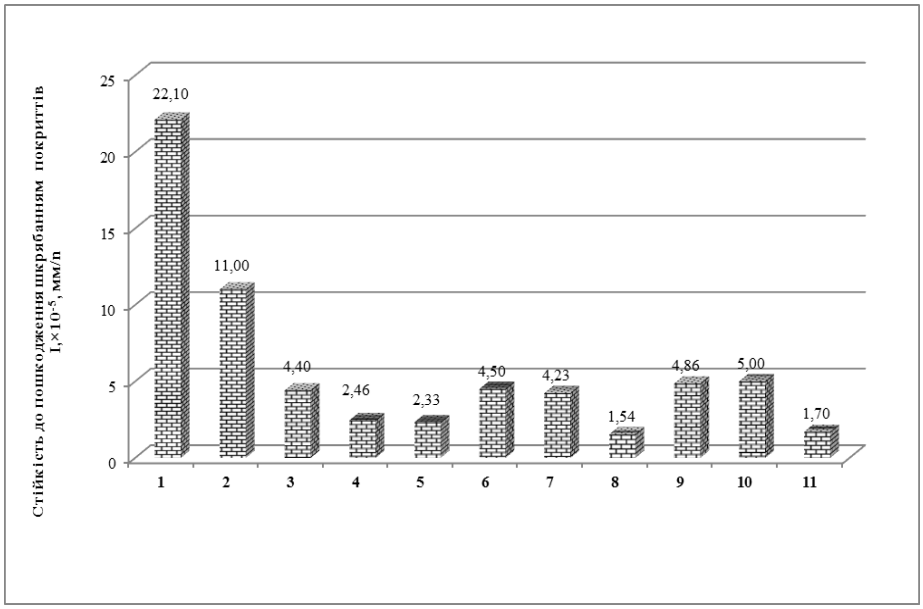


Fig. 1. Histogram of resistance to scratching damage of three-layer fluoropolymer coatings based on F-30P, for the load on the indenter P = 68.6 N, n – the number of pulls to failure with the following compositions of the outer layer: 1 – Fluoropolymer F-30P; 2 – F-30P fluoropolymer + 17 mass % graphite C-1; 3 – F-30P fluoropolymer + 17 mass % graphite C-1 + 1mass % aminoorganosilica based on Aerosil + 1 mass % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C); 4 – F-30P fluoropolymer + 17 mass % graphite C-1 + 1 mass % aminoorganosilica based on Aerosil + 1 mass % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C); 5 – F-30P fluoropolymer + 17 mass % graphite C-1 + 1 mass % aminoorganosilica based on Aerosil + 1 mass % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol %): $Zr(Y)O(OH)_2$; 6 – F-30P fluoropolymer + 17 mass % graphite C-1 + 1 mass. % aminoorganosilica based on Aerosil + 2 mass % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C); 7 – F-30P fluoropolymer + 17 mass % graphite C-1 + 1 mass % aminoorganosilica based on Aerosil + 2 mass % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C); 8 – F-30P fluoropolymer + 17 mass % graphite C-1 + 1 mass % aminoorganosilica based on Aerosil + 2 mass % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol %): $Zr(Y)O(OH)_2$; 9 – F-30P fluoropolymer + 17 mass% graphite C-1 + 1 mass. % aminoorganosilica based on Aerosil + 3 mass % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C); 10 – F-30P fluoropolymer + 17 mass % graphite C-1 + 1 mass % aminoorganosilica based on Aerosil + 3 mass % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C); 11 – F-30P fluoropolymer + 17 mass % graphite C-1 + 1 mass. % aminoorganosilica based on Aerosil + 3 mass % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol %): $Zr(Y)O(OH)_2$.

The effect of increasing the adhesive interaction between the fluoropolymer matrix and filler particles is realized as a result of the effect of nanoparticles on the macromolecules of the boundary layer and the formation of small spherulitic molecular formations in the volume of the composite. The nanomodifier particles increase the adhesive interaction of the polymer and filler and contribute to the mobility of the structural elements of the fluoropolymer [7]. This facilitates the course of deformation processes and leads to an increase in the strength characteristics of the composite. This is especially evident when using amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$.

The impact strength of the fluoropolymer coatings was studied using a NOVOTEST UDAR U1-4219-0.5 m device. The results of the study are shown in Fig. 2.

Studies on the impact strength of three-layer fluoropolymer coatings based on F-30P modified with nanopowders of zirconium oxides and hydroxide showed quite high efficiency when they were introduced into the composition in the amount of 1-3mass. % (Fig. 2). The highest impact strength was found for a three-layer fluoropolymer coating, the outer layer of which includes 17 mass% graphite C-1 + 1 mass % amino silica based on aerosil + 2 mass % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$ - 13.82 J, which is 2.76 times higher than the impact strength compared to the unmodified fluoropolymer coating F-30 P.

The optimum concentration of the nanomodifier for three-layer fluoropolymer coatings based on F-30P was determined to be 2 mass % of nanopowders of zirconium oxides and hydroxide. When introduced into the outer layer of a three-layer fluoropolymer coating based on F-30P, 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass% aerosil-based amino silica + 2 mass% ZrO_2 + 3 % Y_2O_3 (500 °C), the impact strength of the coating increases by a factor of 2, and when replacing the nanopowder ZrO_2 + 3 % Y_2O_3 (500 °C) with ZrO_2 + 3 % $Y2O_3$ (700 °C), the impact strength of the coating increases by a factor of 2.65 compared to the unmodified fluoropolymer coating F-30P (Fig. 2).

The study of the resistance of fluoropolymer coatings to tension, cracking, and peeling from the metal surface was performed using an Eriksen stamp by pressing a punch with a spherical tip to a certain depth. The research results are shown in Fig. 3.

It was found that the elasticity increased for the three-layer fluoropolymer coating, the outer layer of which includes: a) 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based organosilica + 2 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C) by 1.64 times, b) 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 2 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C) by 1.68 times, c) 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 2 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$ by 1.84 times compared to the unmodified fluoropolymer coating F-30 P (Fig. 3).

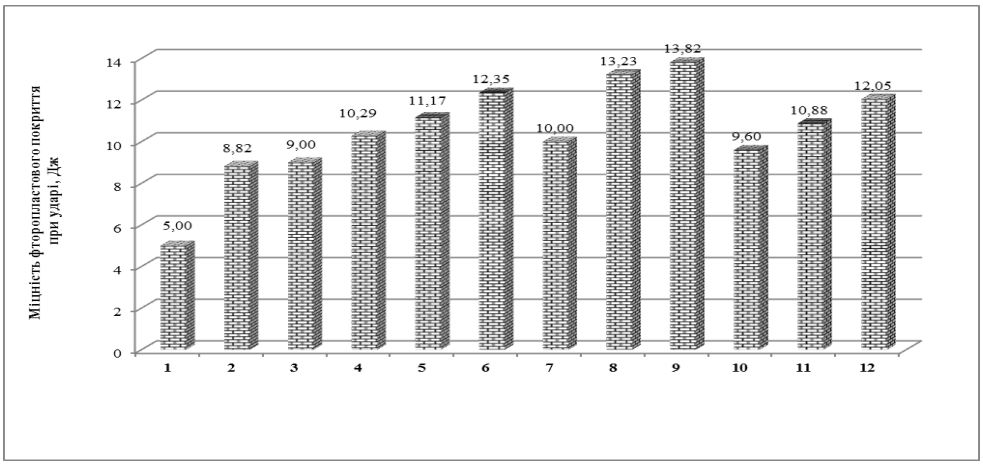


Fig. 2. Histogram of impact strength of three-layer fluoropolymer coatings based on F-30P with the following compositions of the outer layer: 1 - Fluoropolymer F-30P; 2 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass % graphite C-1; 3 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino-organosilica based on aerosil + 1 mass. % ZrO_2 + 3% Y2O3 (500 ˚C); 4 - Fluoropolymer F-30P + 8 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 1 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C); 5 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 1 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C); 6 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 1 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$; 7 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 2 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C); 8 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino-organosilica + 2 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C); 9 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 2 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$; 10 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 3 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C); 11 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 3 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C); 12 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 3 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$

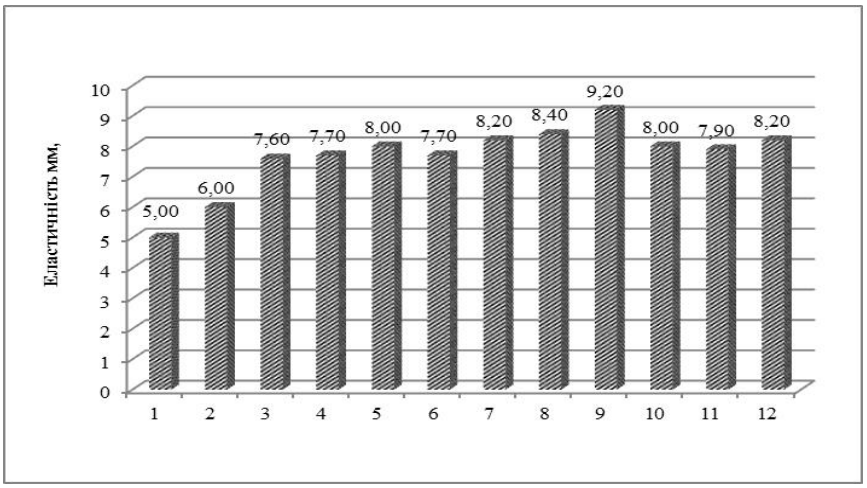


Fig. 3. Histogram of elasticity of three-layer fluoropolymer coatings based on F-30P with the following compositions of the outer layer: 1 - Fluoropolymer F-30P; 2 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1; 3 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino-organosilica based on aerosil + 1 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C); 4 - Fluoropolymer F-30P + 8 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 1 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C); 5 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 1 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C); 6 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 1 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$; 7 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 2 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C); 8 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino-organosilica + 2 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C); 9 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 2 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$; 10 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 3 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C); 11 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 3 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C); 12 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 3 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$

The results of the study of the microhardness of nanomodified fluoropolymer coatings using the PMT-3 device are shown in Fig. 4.

It was found that the microhardness increased for a three-layer fluoropolymer coating, the outer layer of which includes: a) 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based organosilica + 2 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C) in 1.63 times, b) 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 2 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C) by 1.40 times, compared to the fluoroplastic coating F-30 P, the outer layer of which includes 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 2 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$ (Fig. 4).

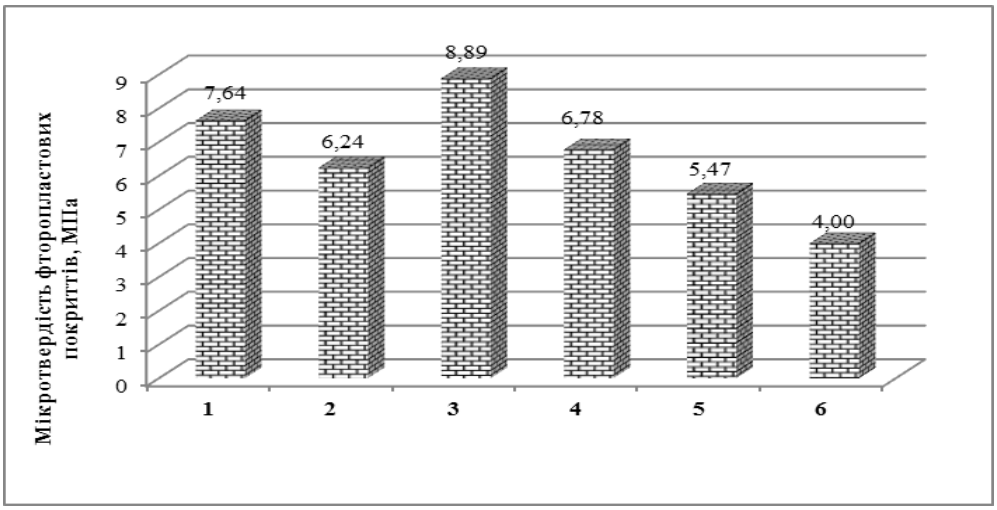


Fig. 4. Microhardness histogram of three-layer fluoropolymer coatings based on F-30P: 1 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based organosilica + 2 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C); 2 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 3 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C); 3 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 2 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C); 4 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 3 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C); 5 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 2 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$; 6 - Fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 3 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$.

When increasing the amount of nanomodifiers in the outer layers of fluoropolymer coatings from 2 mass. % to 3 mass. %, the microhardness decreases.

The lowest microhardness of a three-layer fluoropolymer coating consisting of the outer layer of fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 2 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$ in comparison with fluoropolymer coatings modified with zirconium oxide nanopowders can be explained by the amorphous structure of the nanomodifier.

The thickness of the polymeric coating layer depends on the time of electrodeposition, the resistance of the polymeric particles, and the strength of the electrostatic field. For each material, at a certain electric field strength, there is a limit to the thickness of the deposited particle layer. This is due to the accumulation of charge by the polymer layer, which compensates for the external field. The higher the electrostatic field intensity, the greater the charge acquired by the particles and the faster the layer is formed, preventing further deposition. As the field strength increases, the layer density and adhesion increase. An increase in layer density is facilitated by a decrease in the resistivity of the material and a decrease in the size of the polymer particles.

The most important characteristics of the electronic state of nanomodifier compounds in relation to fluoropolymers in the formation of composite materials are ionization potentials, electron affinity, and electrical resistivity (ER). It is known [8] that the specificity of the electronic state of the ultrafine fillers (UFF) is determined by anomalies in the crystal lattice, which initiates the socialization of the electronic system by all elements of the compound and the delocalization of the electron density. In this state, UFF are characterized as electron density

"reservoirs" and active electron donors. The polarization effects of the ions that make up the UFF obviously contribute to electron migration.

Reducing the ER and ionization potentials of the structure-forming cations enhances the delocalization of electrons in the system and increases the electron-donating properties of the UFF. In a polytetrafluoroethylene (PTFE) macromolecule, the C-F bond is polarized, resulting in a partial positive charge on the carbon atom, and carbon can act as a center for nucleophilic attack by strong electron donors. According to modern concepts, the donor-acceptor interaction of the active centers of the composite components is in most cases dominant in the processes of adsorption and adhesion [8].

Thus, the intermolecular interaction in PTFE-UFF materials, which is realized by the donor-acceptor mechanism, leads to the formation of an adhesive contact between the polymer and filler due to molecular forces and increases the intensity of adhesion in the boundary zones. That is, it can be assumed that the first factor contributing to the enhancement of the activity of the UFF in relation to the polymer matrix is the electronic state of the structure-forming atoms, characterized by the ER and ionization potential.

The second factor that enhances the electron-donating properties of UFF is the crystal lattice structure. It is known that nanoscale particles of solids are characterized by crystal lattice defects associated with distortions of valence angles and bonds, which leads to vibrational excitations of atoms, electronic excitation, and ionization [9]. Electronic excitation is usually accompanied by a transition to quasi-excited states, which are associated with high electron mobility and delocalization.

Thus, the existence of a correlation between the electronic properties and the crystal lattice structure of the UFF and their electron donor activity with respect to the polymer matrix has been shown. The maximum increase in wear resistance was found for the composite materials modified with UFF, which are characterized as the strongest electron donors, and this may indicate an increase in adhesive strength in the interfacial layers.

It has been established that, in accordance with the proposed mechanism of structure formation, the increase in wear resistance and thermomechanical characteristics of fluoropolymer coatings is due to the additional structuring effect of the UFF and its ability to improve the thermodynamic compatibility of dispersed particles and the matrix polymer.

The disadvantages of electrostatic application of fluoroplastic coatings include the fact that with a significant increase in field strength, a decrease in the thickness of the polymer layer is observed. This is caused by the phenomenon of reverse corrosion or discharge processes for materials with high electrical conductivity. Ambient humidity also has a significant impact.

The proposed fluoropolymer coatings make it possible to extend the service life of technological equipment, replace stainless steel and non-ferrous metals with carbon steel, which is much less expensive. This improves product quality, production profitability, and extends the service life of technological equipment and tooling.

Conclusions

1. It has been established that the introduction of zirconium oxide nanomodifiers contributes to the intensive structuring of the fluoropolymer matrix, since nanoparticles can create ensembles by the type of clusters. As a result, a reinforced polymer system is created that is characterized by increased strength and tribotechnical characteristics. Thus, the resistance to scratching damage increased for three-layer fluoropolymer coatings, the outer layer of which includes: a) 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 1 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C) in 5.02 times, b) 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 1 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C) by 8.98 times, c) 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 2 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped

with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$ by 14.35 times compared to the unmodified fluoropolymer coating F-30 P.

2. Zirconium oxide nanomodifiers contribute to the improvement of elasticity and impact strength of the developed fluoropolymer coatings. Thus, the elasticity increased for a three-layer fluoropolymer coating consisting of the outer layer: a) 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 2 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C) by 1.64 times, b) 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 2 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C) by 1.68 times, c) 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 2 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$ by 1.84 times compared to the unmodified fluoropolymer coating F-30 P. It was found that the highest impact strength is characteristic of a three-layer fluoropolymer coating, the outer layer of which includes 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 2 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$ - 13.82 J, which is 2.76 times higher impact strength compared to the unmodified fluoropolymer coating F-30 P.

3. Studies of the microhardness of three-layer fluoropolymer coatings have shown that the microhardness increased for a three-layer fluoropolymer coating, the outer layer of which includes: a) 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based organosilica + 2 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (700 ˚C) in 1.63 times, b) 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 2 mass. % ZrO_2 + 3% Y_2O_3 (500 ˚C) by 1.40 times, compared to the fluoropolymer coating F-30 P, the outer layer of which includes 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % aerosil-based amino silica + 2 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$. The lowest microhardness of the three-layer fluoroplastic coating, the outer layer of which consists of fluoropolymer F-30P + 17 mass. % graphite C-1 + 1 mass. % amino silica based on aerosil + 2 mass. % of amorphous zirconium hydroxide doped with yttrium ions (the amount of yttrium in terms of oxides is 3 mol%): $Zr(Y)O(OH)_2$ in comparison with fluoropolymer coatings modified with zirconium oxide nanopowders can be explained by the amorphous structure of the nanomodifier.

4. The technology of preliminary preparation and electrostatic application of a nanomodified fluoropolymer coating on a metal surface has been developed: compressed air must be dried, the optimal distance between electrodes must be selected, the first primer layer must be applied at an electrostatic field intensity of 50 kV, and for subsequent layers the intensity should be increased to 70 kV.

References

1. Sina Ebnesajjad. Fluoroplastics Volume 1: Non-Melt Processible Fluoropolymers / Sina Ebnesajjad. –The Definitive User's Guide and Data Book. – Second Edition . – 2015. – 698 p.
2. Sina Ebnesajjad. Fluoroplastics Volume 2: Melt Processible Fluoropolymers / Sina Ebnesajjad.– The Definitive User's Guide and Data Book.– Second Edition . – 2016. – 745 p.
3. Vplyv skladu i tekhnolohichnykh faktoriv na adheziinu mitsnist ftoroplastovykh pokryttiv do metalevykh poverkhon / V. P. Oleksandrenko, V. P. Sviderskyi, L. M. Kyrychenko, V. V. Yefimenko. // Visnyk KhNU : Tekhnichni nauky . – 2021. – № 5. – S. 45-51, DOI 10.31891/2307-5732-2021-301-5-45-51, ISSN 2307-5732
4. Pat. № 112246 Ukraina, MPK S09D 127/00 Antyadheziine, znosostiike pokryttia / Sviderskyi V. P., Kyrychenko L. M., zaiavnyk i patentovlasnyk Khmelnytskyi

natsionalnyi universytet, zaiavka u 2016 05670 vid 26.05.2016, opubl. 12.12.2016, Biul. № 23, 5

5. Sina Ebnesajjad. Fluoropolymer Applications in the Chemical Processing Industries The Definitive User's Guide and Handbook A volume in Plastics Design Library / Sina Ebnesajjad and Pradip R. Khaladkar. – 2017. – 436 p.
6. Physicochemical principles of polymer composite materials technology based on polytetrafluoroethylene / K. V. Berladir, O. A. Budnik, K. A. Dyadyura, V. A. Svidersky, Ya. O. Kravchenko // High Temperature Material Processes. – 2016. – № 20 (2). – P. 157–184.
7. Dykha A., Svidersky V., Danilenko I., Bilichenko V., Kukurudzyak Yu., Kirichenko L. et. al. (2020). Design and study of nanomodified composite fluoropolimer materials for tribotechnical purposes / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(12-107), pp. 38-48, doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205779 Yan Y. Preparation and mechanical properties of PTFE/nano-EG composites reinforced with nanoparticles / Y. Yan, Z. Jia, Y. Yang // Procedia Environmental Sciences. – 2011. – V. 10. – P. 929-935.
8. Yan Y. Preparation and mechanical properties of PTFE/nano-EG composites reinforced with nanoparticles / Y. Yan, Z. Jia, Y. Yang // Procedia Environmental Sciences. – 2011. – V. 10. – P. 929-935.
9. Pat. № 81966 Ukraina, MPK (2006) : S01G 25/00, C04B 35/48, F26B 3/32, F26B 5/04. Protses oderzhannia poroshkiv oksydiv / T. Ye. Konstantinova, M. P. Pylypenko, V. I. Alieksieienko, I. A. Danilenko; zaiavnyk i patentovlasnyk Donetskyi fizyko-tekhnichnyi instytut im. O.O. Halkina NAN Ukrainy. – № 200601880; zaiavl. 21.02.2006, opubl. 25.02.2008, Biul. № 10. – 24 p.
10. Naukovi osnovy rozrobky polimernykh kompozytsiinykh materialiv trybotekhnichnoho pryznachennia na osnovi politetraftoretylenu : monohrafiia / Kh. V. Berladir, O. A. Budnyk, K. O. Diadiura ta in. ; za zah. red. K. O. Diadiury. – Sumy : Sumskyi derzhavnyi universytet, 2017. – 176 p.

TAJEMNICE FLAKONÓW – O POLSKICH I UKRAIŃSKICH PERFUMACH PRODUKOWANYCH W EPOCE SOCJALIZMU

Orlova A.
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, Polska

Streszczenie. Problematyka związana z pachnidłami może być rozważana w rozmaitych kontekstach historycznych, społeczno-kulturowych, a nawet politycznych. Referat posłuży przybliżeniu zagadnień związanych z obecnością perfum w codziennym życiu Polaków w PRL-u oraz mieszkańców Ukrainy w czasie istnienia Związku Radzieckiego. Uwzględnione w nim zostaną konteksty polityczno-ideologiczne, społeczne i ekonomiczne, które wpływały na ograniczenie dostępu do zachodnich produktów i powodowały, że niektóre przedmioty, w tym takie jak perfumy, były trudno dostępnym luksusem. Warunkowało to rozwój ich rodzimej produkcji, która miała służyć wypełnianiu braków takiego asortymentu towarów na rynku. Nuty pachnideł produkowanych w okresie socjalizmu bywały jednak nieformalnie inspirowane zapachowymi trendami zachodnimi. Referat posłuży przedstawieniu i charakterystyce wybranych głównych polskich i ukraińskich marek perfumowych z owego okresu. Istotnym elementem wystąpienia będzie próba wykazania zarówno zmian w preferencjach zapachowych, jak i wyakcentowanie wpływu działań rządzących na produkcję oraz dystrybucję perfum. Zwieńczeniem wystąpienia będą kwestie związane z popularnym współczesnym zjawiskiem kolekcjonowania egzemplarzy perfum pochodzących z okresu socjalizmu.
Słowa kluczowe: perfumy, realia socjalizmu, państwowe zakłady produkcyjne, deficytowe dobra luksusowe.

Rzeczywistość reglamentacyjna

Po zakończeniu II Wojny Światowej w Polsce nastała nowa rzeczywistość; była ona związana nie tylko ze zmianami politycznymi ustroju państwa, ale również z przemianami ekonomicznymi, kulturowymi i społecznymi[1]. Wymuszało to na członkach społeczeństwa przystosowanie się do panujących realiów, a przede wszystkim do innych standardów życia niż panujące przed wojną[2]. „Zachodzące zmiany od drugiej połowy lat czterdziestych – reforma rolna, próby kolektywizacji przemysłu, ”bitwa o handel”, industrializacja przemysłu, masowy napływ chłopów do miast miały znaczący wpływ na zmiany struktury społecznej”[3]. Należy podkreślić, że upolityczniony był każdy aspekt życia, zaś socjalistyczny dyskurs stał się wszechobecny. Wrogie nastawienie ówczesnych władz powodowało również, że w okresie istnienia Polski Ludowej kontakty z kapitalistycznym Zachodem, a tym samym również import produktów zza żelaznej kurtyny, były bardzo ograniczone[4].

Wprowadzenie w powojennej Polsce reglamentacji kartkowej produktów podstawowych w latach 1944-1949, 1951-1953 oraz 1976-1989 spowodowane było sposobem zarządzania gospodarką i wynikającymi z tego dużymi niedoborami towarów na rynku; pomimo posiadania pieniędzy ludzie nie mieli możliwości w łatwy sposób zakupić tego, czego potrzebowali[5]. Celem racjonowania produktów była więc próba łagodzenia skutków zmniejszonej podaży określonej części towarów, uwarunkowanej różnego rodzaju czynnikami

[1] Zob. A. Paczkowski, *Pół wieku dziejów Polski*, Warszawa 2005; W. Roszkowski, *Najnowsza historia Polski 1945-1980*, Warszawa 2003; J. Eisler, *Czterdzieści pięć lat, które wstrząsnęły Polską. Historia polityczna 1944–1989*, Warszawa 2018; A. Pelka, *Z [politycznym] fasonem. Moda młodzieżowa w PRL i NRD*, Gdańsk 2013, s. 5.
[2] Zob. A. Skura, *„Nie wystarczy się umalować-trzeba się umyć…” – sprawy higieny, zdrowia i urody na łamach prasy kobiecej z lat pięćdziesiątych*, [w:] *Szkice o codzienności PRL*, red. M. Kruszyński, T Osieński, Lublin 20016, s. 137.
[3] A. Pelka, dz. cyt., s. 5.
[4] Zob. W. Roszkowski, dz. cyt.; tegoż, *Najnowsza historia Polski 1980-2006*, Warszawa 2006.
[5] Zob. A. Zawistowski, *Bilety do sklepu. Handel reglamentowany w PRL*, Warszawa 2017, s. 11.

wewnętrznymi oraz ograniczeniami w imporcie[6]. Przydziały reglamentacyjne związane były z wiekiem, stanem zdrowia i miejscem pracy poszczególnych osób[7]. Pierwszy okres reglamentacji przypadł na czasy tuż po wojnie, gdy w wyniku dużych zniszczeń i upadku gospodarki władze wprowadziły system kartkowy, aby móc dostarczyć produkty dla uprzywilejowanych obywateli[8]. Jednak już w 1949 roku podjęto decyzję o zlikwidowaniu reglamentacji z powodów politycznych, gdyż w tym samym roku powstała PZPR[9]. „Jednocześnie po krótkim okresie odbioru Amerykańskich paczek od „cioci UNRRY" komunistyczna władza pod radzieckie dyktando ze względów ideologicznych demonstracyjnie zrezygnowała z pomocy, jaką objął zachodnią Europę plan Marshalla i dzięki któremu jej sytuacja się poprawiła"[10]. Rynkowe braki w zakresie podstawowych produktów oraz narastające kłopoty z handlem wymusiły w 1951 roku ponowne wprowadzenie systemu reglamentacyjnego, który obejmował ówcześnie między innymi takie produkty jak: mięso, tłuszcze wieprzowe, cukier, mydło, środki piorące[11]. Najtrudniejszy pod względem gospodarczym okres dla polskiego społeczeństwa wiązał się z wprowadzeniem systemu kartkowego po raz trzeci, co zainicjowano w 1976 roku. Wtedy to władze w pierwszej kolejności wprowadziły ograniczenia na zakup cukru, a następnie stopniowo rozszerzały listę produktów reglamentowanych o następne pozycje. Próby ograniczania dostępności produktów żywnościowych, a także podnoszenia ich cen kończyły się jednak strajkami i protestami niezadowolonego społeczeństwa[12]. Należy zaznaczyć, że w 1981 roku lista produktów deficytowych była już tak długa, iż przewyższyła reglamentację z czasów II Wojny Światowej, co budziło ogromne niezadowolenie społeczeństwa[13]. Brakowało w tym okresie podstawowych towarów i to powodowało, że rozwijał się handel nieoficjalny, który obejmował również bardzo trudno dostępne produkty tzw. luksusowe[14].

Warto przypomnieć, że swoistym łącznikiem pomiędzy konsumentami okresu realnego socjalizmu a światem Zachodnim, a co za tym idzie również produktami zagranicznymi, byli marynarze[15]. Zarabiali oni w PRL-u w latach 70. XX wieku średnio 3.000 złotych, a oprócz pensji podstawowej przysługiwał im dodatek dolarowy[16]. W celu zapobiegnięcia rosnącemu nielegalnemu handlowi produktami zagranicznymi, które marynarze sprowadzali i następnie sprzedawali, część dolarowego dodatku była wydawana im bonami, które można było zrealizować w sklepach Baltony[17]. „Tam wprawdzie było wszystko – zagraniczny alkohol i papierosy, dżinsy, perfumy i szynka Krakus, jednak niedokładnie wszystko w tak bogatym asortymencie jak za granicą"[18]. W okresie wielkich deficytów w 1972 roku powstała również sieć sklepów oraz kiosków walutowych „PEWEX", w których dostępne były wybrane

[6] Zob. tamże.
[7] Zob. tamże.
[8] Zob. W. Roszkowski, *Najnowsza historia Polski 1945-1980*, dz. cyt..
[9] Zob. A. Leszczyński, *Reglamentacje i kartki w PRL. Przetrwały do dzisiaj*, https://wyborcza.pl/alehistoria/7,121681,23228545,reglamentacje-i-kartki-w-prl-przetrwaly-do-dzisiaj.html (data dostępu: 27.04.2024 r.).
[10] K. Kunicki, T. Ławecki, *Ta nasza młodość… Jak dorastało się w PRL*?, Warszawa 2017, s. 9.
[11] Zob. https://web.archive.org/web/20060901214734/http://www.polskaludowa.com/kalendarium/1951-1955.htm (data dostępu: 27.04.2024 r.).
[12] Zob. J. Solska, *80-te. Jak naprawdę żyliśmy w ostatniej dekadzie PRL*, Warszawa 2018, s. 66; A. Paczkowski, *Strajki, bunty, manifestacje jako polska droga przez socjalizm*, Poznań 2003.
[13] Zob. tamże.
[14] Zob. J. Solska, dz. cyt., s. 70; J. Kochanowski, *Tylnymi drzwiami. „Czarny rynek" w Polsce 1944-1989*, Warszawa 2010, s. 68-72.
[15] Zob. M. Mazurek, *Społeczeństwo kolejki. O doświadczeniach niedoboru 1945-1989*, Warszawa 2010, s. 28.
[16] Zob. A. Boćkowska, *Księżyc z Peweksu. O luksusie w PRL*, Wołowiec 2017, s. 22.
[17] Zob. tamże.
[18] Tamże.

luksusowe produkty zagraniczne[19]. Jednym z głównych założeń towarzyszących uruchomieniu owej sieci sklepów było pozyskanie dolarów od członków społeczeństwa, którzy pracowali za granicą lub otrzymywali obcą walutę od członków rodzin z Zachodu[20]. Należy zaznaczyć, że we wspomnianych „PEWEX-ach" można było zakupić ubrania, słodycze, produkty spożywcze oraz kosmetyki. Jednymi z najbardziej pożądanych produktów, o których marzyły ówczesne kobiety, były francuskie perfumy dostępne w asortymencie owych sklepów między innymi takie jak: *Chanel nr 5* marki Chanel, *Masumi* Coty, *Kobako* Bourjois, *Opium* Yves Saint Laurent, *Antilope* Weil[21].

Należy przypomnieć, że w Ukrainie w okresie istnienia ZSRR, pomimo silnie rozwiniętego przemysłu w licznych ośrodkach oraz bogactwa płynącego z uprawy bardzo żyznych ziem rolnych, doszło również do wprowadzenia, podobnie jak w PRL-u, reglamentacji towarów[22]. Pierwszy system kartkowy w Związku Radzieckim wprowadzony został jeszcze w okresie rządów Stalina, gdy brakowało podstawowych produktów żywnościowych[23]. Wydawano je ówcześnie wyłącznie urzędnikom państwowym. Warto zaznaczyć, że wraz z wprowadzeniem systemu kartkowego, który często przybierał rozmaite nazwy, takie jak np. „zamówienie", „zeszyt", „zaproszenie"[24] władze ograniczyły też ilość sprzedawanych produktów przypadających na jednego obywatela[25]. Na przykład w 1940 roku pojedynczy obywatel nie mógł kupić więcej niż 1kg mięsa, 500 g kiełbasy i 200 g masła[26]. W czasie II Wojny Światowej panowały w Rosji Sowieckiej głód i bieda, wtedy też, pomimo panującego systemu kartkowego, przed sklepami ustawiały się długie kolejki oczekujących na możliwość zakupienia podstawowych produktów, niezbędnych do życia. System kartkowy został zniesiony w 1947 roku, ale nie poprawiło to w żaden sposób wydolności gospodarczej Związku Radzieckiego[27].

Reglamentacja ponownie wprowadzona została w Ukrainie na początku lat 80. XX wieku, gdy na kartki sprzedawano produkty deficytowe takie jak: wyroby mięsne, papierosy, alkohol, cukier, a nawet produkty zbożowe[28]. Warto przypomnieć, że pomimo braku dostępu do podstawowych towarów i ogromnych deficytów na rynku władze utworzyły w 1964 roku sieć sklepów walutowych nazwanych „Beriozka", w których dostępne były produkty importowane z zachodnich krajów[29]. Początkowo produkty luksusowe mogli kupować w nich wyłącznie obcokrajowcy przyjeżdżający do ZSRR, z czasem jednak zwykli obywatele posiadający bony lub zachodnią walutę mogli również dokonać zakupów[30]. Nazwa owej sieci sklepów została zaś wybrana w taki sposób, by mogła być kojarzona ze Związkiem

[19] Zob. A. Aulich, *PEWEX, czyli luksus w czasach PRL. Takie rzeczy można było kupić tylko w specjalnych sklepach PEWEX. Zobacz!,* https://gazetakrakowska.pl/pewex-czyli-luksus-w-czasach-prl-takie-rzeczy-mozna-bylo-kupic-tylko-w-specjalnych-sklepach-pewex-zobacz/ar/c3-17314759 (data dostępu: 27.04.2024 r.).
[20] Zob. tamże.
[21] Zob. tamże.
[22] Zob. W. Marciniak, *Rozgrabione imperium. Upadek Związku Sowieckiego i powstanie Federacji Rosyjskiej*, Kraków 2004, s. 70-90; W. A. Serczyk, *Historia Ukrainy*, Wrocław 2009; W. Materski, *Od cara do „cara". Studium rosyjskiej polityki historycznej*, Warszawa 2017, s. 49-198.
[23] Zob. K. Pulatowa, *Kak v SSSR zhyli po talonam: ekskurs v golodnye vremena*, https://www.unian.net/curiosities/talony-na-edu-v-sssr-kogda-i-kak-poyavilis-12430128.html (data dostępu: 27.04.2024 r.).
[24] Tego typu określenia miały zniwelować negatywny odbiór wśród członków społeczeństwa mechanizmów reglamentacji jako wskazujących na niewydolność państwowej gospodarki.
[25] Zob. K. Pulatowa, dz. cyt.
[26] Zob. tamże.
[27] Zob. tamże.
[28] Zob. tamże.
[29] Zob. A. Iwanowa, *Magaziny „Berezka": Paradoksy potreblenya v pozdnem CCCP*, Moskwa 2017, s. 40; Z. Klimiuk, *Struktura i obroty handlowe między RFN a ZSRR w latach 70. XX wieku jako przejaw postępującego spowolnienia i kryzysu gospodarczego Związku Radzieckiego*, „Historia i Polityka" 2022, nr 4, s. 59-79.
[30] Zob. tamże.

Radzieckim, gdyż tak właśnie nazywał się również zespół taneczny, a w latach 30. istniała także miejscowość Berezka, w której zatrzymywali się zagraniczni specjaliści przyjeżdżający do Magnitogorska[31]. Wspomniane sklepy walutowe były dla zwykłych obywateli przepustką w nieosiągalny świat dostatku, gdyż oprócz towarów zagranicznych można było tam nabyć również trudnodostępne radzieckie produkty[32]. Należy przypomnieć, że w 1969 roku został podpisany dekret zakazujący kupowaniu przez obywateli ZSRR produktów pochodzących z „Beriozki", pomimo tego jednak ludzie nadal próbowali dokonywać zakupów w tej sieci. Praca w sklepach walutowych była bardzo ceniona i otrzymać ją można była wyłącznie po znajomości, ponieważ oznaczało to łatwiejszy dostęp do towarów luksusowych[33]. Ceny w „Beriozkach" były zaś wysokie w porównaniu do cen owych zagranicznych towarów w ich macierzystych krajach, ale pomimo tego przed wspomnianymi sklepami stawały kolejki chętnych do zakupienia trudno dostępnych produktów. Ostatecznie w 1988 sieć owa została zlikwidowana[34]. Podobnie więc jak w przypadku PRL-u dostęp do dóbr luksusowych w Ukrainie w okresie socjalizmu był bardzo ograniczony. Polityczny czynnik zaś związany z antyzachodnim kursem władz, które negowały kapitalistyczny przepych, prowokował do prób rozwijania w przypadku takich produktów jak perfumy rodzimej ich produkcji.

Polskie perfumy czasów socjalistycznych

Perfumy były w PRL-u towarem, który cieszył się bardzo dużym zainteresowaniem wśród kobiet, pomimo trudnych gospodarczo czasów i ogólnych niedoborów na rynku produktów kosmetycznych[35]. Uważane były one za dobro deficytowe przede wszystkim ze względu na to, że trudno było je zakupić. Konsumentki, które nie miały rodzin za granicą i nie posiadały obcej waluty lub bonów, pozwalających na zakup zagranicznych marek perfumy w Peweksie albo w Baltonie starały się wypatrzeć i nabyć pachnidła rodzimej produkcji sprzedawane w sklepach drogeryjnych, a od czasu do czasu także w kioskach „Ruch"[36]. Należy podkreślić, że asortyment dostępnych w PRL-u marek rodzimych, pomimo negatywnego politycznego nastawienia władz do krajów Zachodu i ich produktów, inspirowany był częstokroć na przykład francuskimi słynnymi zapachami perfum.

***Pani Walewska* Miraculum**

Marka Miraculum została założona w 1924 roku w Krakowie przez lekarza doktora Leona Lustra[37]. Była to jedna z pierwszych tego typu firm, które powstały w Polsce[38]. Nazwa owej marki nawiązywała do łacińskiego słowa Miracum oznaczającego cud. Początkowo wspomniana firma zajmowała się produkcją przede wszystkim mydła i pasty do zębów, ale już po pięciu latach utworzono własną fabrykę perfum[39]. W 1931 roku produkty doktora Lustera zostały docenione na Światowej Wystawie w Paryżu, gdzie otrzymał on złoty medal za pudry. Warto dodać, że w latach 30. XX wieku marka ta zatrudniała sławne osobistości ze świata kina i mody takie jak Hanka Ordonówna czy Zofia Batycka w celu reklamowania jej kosmetycznych wyrobów. Produkty te uważane były za luksusowe dlatego też ceny kosmetyków były bardzo wysokie. W 1939 roku dr Leon Luster sprzedał fabrykę i wyjechał za granicę, marka zaś

[31] Zob. tamże.
[32] Zob. tamże.
[33] Zob. tamże.
[34] Zob. tamże.
[35] Zob. J. Kochanowski, dz. cyt., s. 68-72, 107, 117.
[36] Zob. https://kosmetykiperfumy24.pl/rankingi-perfum/perfumy-z-czasow-prl-zapachy-z-pewexu-i-nie-tylko/ (data dostępu: 27.04.2024 r.).
[37] Nazwa początkowa marki „Doktora Lustra Preparaty Kosmetyczno- Lekarskie Miraculum"
[38] Zob. https://miraculum.pl/pl/i/O-firmie/8 (data dostępu: 27.04.2024 r.).
[39] Zob. M. Matys, *Po Godzinach. Pani Walewska i brutal* https://www.pb.pl/pani-walewska-i-brutal-650760 (data dostępu: 27.04.2024 r.).

zmieniła nazwę na Przemysł Lekarsko-Kosmetyczny MIRACULUM S.A. w Krakowie, działając pod tym szyldem do 1940 roku[40]. Po II Wojnie Światowej w okresie zmian politycznych w kraju przedsiębiorstwo to zostało upaństwowione, zmieniając zarazem charakter produkcji z kosmetyków luksusowych na produkowane dla szerokich mas społeczeństwa. W 1955 roku w zakładzie tym rozpoczęto powojenną produkcję perfum. Natomiast zapach *Pani Walewska* powstał w roku 1971 w wyniku inspiracji sukcesem filmu *Marysia i Napoleon*, w którym tytułowe postaci zagrali Beata Tyszkiewicz oraz Gustaw Holoubek[41]. Film ten przypomniał historię Marii Walewskiej, polskiej szlachcianki i metresy na dworze cesarza Napoleona Bonaparte[42]. Zaprojektowany dla tych perfum, oryginalny w formie oraz kolorze, kobaltowy flakon miał przypominać kształtem charakterystyczny kapelusz noszony przez Napoleona. Kampania reklamowa głosiła zaś: „Kosmetyki z luksusowej linii Pani Walewska, to oręż dany do dyspozycji każdej kobiety, która poprzez umiejętne podkreślenie uroku osobistego, pragnie zawładnąć uczuciami „Napoleona" swojego życia"[43]. Zapach owych perfum należy do rodziny kwiatowej z głównymi akordami aldehydowymi, które w latach 70. XX wieku były bardzo popularne we Francji[44]. Warto zaznaczyć, że są one dostępne w sprzedaży do dziś razem z flankerami takimi jak: *Pani Walewska Chic, Gold, White, Noir* oraz *Sweet Romance*[45]. Perfumy te były dostępne i bardzo popularne również w Związku Radzieckim.

***Być Może…* Pollena Uroda**

W czasach PRL-u Pollena była zespołem przedsiębiorstw państwowych działających jako tzw. zjednoczenie przemysłu kosmetyków i środków czystości. W 1958 roku powołano do życia branżowe Zjednoczenie Przemysłu Środków Piorących i Kosmetyków, a następnie w 1964 roku przekształcono je w Zjednoczenie Przemysłu Chemii Gospodarczej „Pollena" w Warszawie[46]. W 1989 roku Zrzeszenie Pollena liczyło aż 18 przedsiębiorstw wytwarzających liczne wyroby kosmetyczne oraz rozmaite środki czystości. W latach 70. XX wieku fabryka Pollena Uroda, mieszcząca się w Warszawie, wyprodukowała perfumy nazwane *Być może…*, które swym zapachem nawiązywały do słynnych perfum *Chanel nr 5*. Perfumy te w czasach socjalizmu uzyskały ogromną popularność wśród polskich konsumentek, przede wszystkim dzięki ich dość dużej dostępności na rynku oraz przystępnej cenie. W latach 80., a więc u schyłku PRL-u, stały się one na tyle popularne, że zaczęto je eksportować również i sprzedawać między innymi w krajach Związku Radzieckiego, co przyczyniło się do dalszego rozpowszechnienia tego zapachu. Z produktem tym łączyła się też legenda krążąca w obiegu społecznym, iż perfumy miały powstać jako symbol przyjaźni pomiędzy Związkiem Radzieckim a Polską Ludową. Wskazywano, że podczas koncertu radzieckiej orkiestry w Krakowie w roku 1955 roku Kapitolina Lazarenko wykonała piosenkę zatytułowaną *Być może* autorstwa Adolfa Roznera, która zyskała ponoć ówcześnie popularność i w związku z tym nazwa perfum miała nawiązać do niej[47]. Niniejsza teoria wpisywała się oczywiście w radziecką

[40] Zob. tamże.
[41] Zob. https://filmpolski.pl/fp/index.php?film=121183 (data dostępu: 27.04.2024 r.).
[42] Zob. A. Boniecki, A. Reiski, *Herbarz Polski. Część I, Wiadomości Historyczno-genealogiczne o rodach szlacheckich*, T. XV, Warszawa 1912, s. 281.
[43] https://paniwalewska.pl/historia (data dostępu: 27.04.2024 r.).
[44] Jest to zapach podobny do Lanvin *Arpege* oraz *Fidji* Guy Laroche.
[45] „Flankery to zapachy, które stanowią boczne skrzydło głównej drużyny zapachowej w ramach danej marki". (A. Rucińska *Flanker- zapach z kolekcji*, https://zwierciadlo.pl/moda-i-uroda/489736,1,flanker---zapach-z-kolekcji.read# . (data dostępu: 27.04.2024r.)). Przywołane nazwy serii perfumowej pochodzą z asortymentu marki Miraculum dostępnego na stronie internetowej firmy.
[46] Zob. M. Mrukot, *Kosmetologia. Receptariusz*, Kraków 2006, s. 128.
[47] Zob. N. Petrova, *Duhi v SSSR: 6 importnyh aromatov, stavshyh legendoi*, http://shoppingzone.ru/pokupatel/?id=3490 (data dostępu: 27.04.2024 r.).

doktrynę przyjaźni pomiędzy krajami socjalistycznymi. Perfumy te produkowane są współcześnie nadal pod szyldem marki Miraculum[48]. Dostępna jest obecnie na polskim rynku wersja podstawowa Original oraz sześć zapachów powiązanych z poszczególnymi nazwami miast świata takimi jak Tokio, Paris, London, New York, Rome oraz Summer in Paris.

Currara Comindex

Lata 80. w branży perfumeryjnej w Europie były czasem swoistego powrotu przeszłości i inspiracji minionymi epokami w modzie[49]. Powstawały wtedy nowe wariacje dotyczące strojów z wcześniejszych dekad, kreowane z lekkością i dystansem. „Perfumy powstające w tym okresie odzwierciedlały zaś zmiany społeczne, dając duże pole do wyboru tendencji zapachowych"[50]. Kreowane były intensywne i wyraziste zapachy, które miały wskazywać na status społeczny oraz pozycję osób ich używających, zaś głośne kampanie reklamowe wpływały na duży popyt na nie. „Co sprawia, że spódniczki mini wychodzą z mody, a pełne, ciężkie perfumy w nią wchodzą? Pełne dobrego samopoczucia czasy Reagana w latach 80. były głośne, wielkie i jasne, i takie same były perfumy, na przykład *Giorgio* czy *Obsession*. Ludzie podtykali sobie pod nos silnie działające substancje, ochlapywali się *Opium* i *Poison*"[51]. Zamiłowanie do używania perfum *Poison* Diora było tak wielkie i rozpowszechnione, że zakazywano wręcz używania ich w miejscach pracy lub w restauracjach[52].

W 1985 roku miała miejsce premiera nowych perfum Christiana Diora *Poison*. Perfumy te z nazwą oznaczającą truciznę osiągnęły niemal natychmiast wielki sukces na rynku i stały się synonimem kobiety pewnej siebie, wyemancypowanej oraz osiągającej sukcesy. W PRL-u czasów schyłkowego socjalizmu, pomimo żelaznej kurtyny oddzielającej obywateli od dóbr zachodnich, dotarła również sława owych perfum Diora. Działająca ówcześnie firma Comindex, założona przez Jerzego Stasiaka, chcąc zaproponować polskim kobietom namiastkę francuskiego luksusu, wypuściła na rynek pod koniec lat 80. perfumy nazwane *Currara*[53]. Warto przypomnieć, że Comindex działał jako firma polonijna, która miała zagraniczny kapitał[54]. Inspiracja zapachem Diora była oczywista, a ponadto nie tylko zapach był podobny, ale również nazwa nawiązywała do wspomnianego francuskiego pachnidła. Currara wśród amazońskich plemion była powszechnie znanym środkiem, którego używano przy zatruwaniu grotów strzał[55]. Opakowanie tych perfum oraz szata graficzna były proste, podobnie jak reszta perfum produkowanych na polskim rynku i nie przypominały luksusowych wonności z tego okresu wytwarzanych we Francji. Należy zaznaczyć, że wspomniane perfumy były sprzedawane w przystępnej cenie, co dodawało im popularności. Centralnie sterowany rynek powiązany z polityczną doktryną schyłkowego PRL-u nie były jednak gotowe na tak śmiałe perfumy; wywołały one szok i pewną konsternację w odbiorze[56]. Należy przypomnieć też, że perfumy *Currara* również jako jedne z pierwszych reklamowane były w ówczesnej telewizji państwowej. W owym spocie reklamowym łuczniczka przedzierająca się przez Puszczę Amazońską wypuszcza strzałę. Na potrzeby tej reklamy ujęcia zostały sfilmowane w mazurskich lasach[57]. Sloganem reklamującym zaś owe perfumy było hasło „Currara – kusi i

[48] Zob. https://miraculum.pl/byc-moze (data dostępu: 27.04.2024 r.).
[49] B. Hoffmann, *Perfumy. Uwarunkowania kulturowo – społeczne*, Kraków 2013, s. 229.
[50] Tamże.
[51] C. Newman, *Perfumy: podróż w świat zapachów*, tłum. B. Gadomska, Warszawa 2000, s. 124.
[52] Zob. tamże.
[53] Zob. B. Krowicka, *Currara, czyli zapach uwodzenia*, „Wprost" 2009, nr 23, s. 70.
[54] Zob. D. Bochen, *Jerzy Stasiak. Kim jest i czym się zajmuje jeden z najbogatszych Polaków?,* https://www.money.pl/gospodarka/jerzy-starak-kim-jest-i-czym-sie-zajmuje-jeden-z-najbogatszych-polakow-6416249067435649a.html (data dostępu: 27.04.2024 r.).
[55] Zob. B. Krowicka, dz. cyt., s. 70.
[56] Zob. tamże.
[57] Zob. tamże.

zniewala”[58]. W 2005 roku podjęto próbę ponownego wypuszczenia na rynek perfum o nazwie *Currara,* lecz nie osiągnęły ona już takiego sukcesu jak pierwowzór z lat 80., a ich produkcja została w szybkim tempie zaniechana.

Ukraińskie perfumy z czasów socjalistycznych

Należy podkreślić, że w czasie trwania Związku Radzieckiego Ukraina słynęła z produkcji perfum i wyrobów kosmetycznych. W czasach socjalistycznych podobnie jak w PRL-u obowiązywała gospodarka planowa, co w odniesieniu do dziedziny perfum oznaczało, iż w specjalistycznym laboratorium opracowywano określoną formułę kompozycji zapachowej razem z planem produkcyjnym, po czym realizowano ją w wybranych przez władze fabrykach perfumowych. Mechanizm ten dotyczył zarówno wyrobów wysokiej jakości jak również masowo wytwarzanych wód kolońskich[59]. Ówcześnie za drogie i luksusowe perfumy uchodziły takie, które kosztowały od 6 do 9 rubli[60]. Należy też podkreślić, że nie były one uznawane za produkt codziennego użytku; a wręcz za nietaktowne uważano używanie wonności podczas wykonywania obowiązków w miejscu pracy. Fabryki perfumowe działające w Ukrainie w czasach istnienia ZSRR miały swoje siedziby w kilku dużych miastach, takich jak: Lwów, Charków, Symferopol, Złotonosze[61].

Fabryka Alye Parusa

Jedną z najbardziej znanych w okresie socjalizmu była fabryka mieszcząca się Nikolayeve „Alye Parusa”. Nazwa ta została ustanowiona w 1965 roku, ale warto przypomnieć, że początki produkcji pachnideł w tym miejscu sięgają 1926 roku[62]. W latach 20. XX wieku Nikołajów był miastem portowym. Okres międzywojenny był dla tego regionu dość trudny pod względem gospodarczo-ekonomicznym, ale nie przeszkodziło to w rozpoczęciu produkcji pachnideł. Pierwsza fabryka o nawie „Astra”, mieszcząca się przy ulicy Karla Marsa, specjalizowała się w produkcji perfum oraz wód kolońskich[63]. Usytuowana nieopodal huta szkła wytwarzała zaś butelki z przeznaczeniem do rozmaitych alkoholi[64]. W 1930 roku pod szyldem „Astry” wypuszczano na rynek tak dużą ilość towarów, że niemal każda półka sklepowa zapełniona była jej produktami perfumowymi, gdyż przed wojną łącznie zostało wyprodukowanych 80 jednostek perfumowej produkcji, a w tym 15 z nich stworzonych zostało właśnie przez Nikołajewskich perfumiarzy[65]. W czasie II Wojny Światowej firma „Astra” została zmuszona do opuszczenia miasta i przeniesienia fabryki do miasta Kiniel, jednakże niedługo po zakończeniu wojny przedsiębiorstwo to powróciło do rodzimego miasta. Podczas niemieckiej okupacji fabryka została zniszczona, ucierpiała też częściowo wspomniana huta szkła, co wymusiło po wznowieniu produkcji dzielenie się obiektami przez oba przedsiębiorstwa[66]. Przyczyniło się to też do ścisłej współpracy pomiędzy dwiema fabrykami i utworzenia perfumowo-szklarskiego kombinatu. W latach 50. fabryka ta zasłynęła na cały Związek Radziecki, a wśród produktów oferowanych w jej bogatym asortymencie znajdowały się: perfumy, szampony z dodatkiem wody morskiej, kremy pielęgnacyjne oraz produkty

[58] Zob. https://www.wirtualnemedia.pl/artykul/san-markos-ozywia-stary-brand-currara (data dostępu: 27.04.2024 r.).
[59] Zob. https://kremchik.ua/news/3439nidparfyumeriya_sovetskoy_ukrainy.html (data dostępu: 27.04.2024 r.).
[60] Zob. tamże.
[61] Zob. tamże.
[62] Zob. http://www.up.mk.ua/mainpage/show_item/70051 (data dostępu: 27.04.2024 r.).
[63] Zob. tamże.
[64] Zob. tamże.
[65] Zob. https://mykolaiv.one/ru/eternal/alye-parusa-yuzhnogo-buga-kak-nikolaevchanki-sozdavali-krasotu-4423 (data dostępu:27.04.2024 r.).
[66] Zob. tamże.

kosmetyczne[67]. Jednym z najbardziej znanych produktów „Astry" był zestaw perfum *Alye Parusa*, który przyczynił się też do zmiany nazwy fabryki. W latach 60. XX wieku to państwowe przedsiębiorstwo zatrudniało ponad 1150 osób, co przyczyniło się do rozwoju lokalnej infrastruktury i wybudowania bloków mieszkalnych, aby pracownicy mieli bliżej do miejsca pracy[68]. Największy kryzys dotknął jednak tę fabrykę w latach 90.. Wymusił on początkowo pewne ograniczenie oferowanych produktów, a następnie usunięcie z asortymentu także najbardziej drogich wyrobów. Po rozpadzie ZSRR zakład ten zakończył współpracę z dawnymi partnerami, a w 2000 roku ostatecznie zaprzestał produkcji[69].

Wytwarzane we wspomnianym przedsiębiorstwie perfumy, ich opakowania, a także ich nazwy były skrupulatnie dobierane tak, aby dawać kobietom świadomość kontaktu z namiastką luksusu. Dostępne były pachnidła bezpośrednio nawiązujące do portowego miasta Nikolaev oraz Ukrainy; obywatele przyjeżdżający z różnych republik ZSRRR w Ukrainę mieli szansę zakupić tworzone tu wonności jako pamiątki, m.in. takie perfumy jak *Рідна Україна* (Ridna Ukraina), które sprzedawane były też w sieci sklepów Beriozka[70].

Assol Alye Parusa

Jednymi z najbardziej znanych produktów wspomnianej fabryki były też perfumy *Assol* wypuszczone na rynek w 1971 roku. Nazwa tego produktu pochodzi od imienia bohaterki powieści przygodowej zatytułowanej *Alye Parusa* (*Szkarłatne żagle*) autorstwa Aleksandra Grina (Grinevskiego), która została zekranizowana w 1961 przez Aleksandra Ptuszko, na fali odwilży w okresie rządów Chruszczowa[71]. W fabule wspomnianej powieści bohaterka ta usłyszała w dzieciństwie przepowiednię, iż przypłynie do niej książę na statku z czerwonymi żaglami. Gdy dziewczyna dorosła do miejscowości, w której mieszkała przybył młody książę Artur Grey, który dowiedziawszy się o tym, że okoliczna ludność śmieje się z dziewczyny wierzącej w przepowiednię nakazał zmienić na swoim statku żagle na kolor czerwony i wyruszył oświadczyć się bohaterce[72]. Przywołane w nazwie pachnidła imię powieściowej bohaterki Assol korespondowało z przesłaniem książki o spełnianiu się marzeń. Perfumy te posiadały wyraźnie aldehydowo-kwiatowy aromat, który nawiązywał do francuskiej szkoły perfumowej. Opakowanie służyło zaś jako swoisty futerał, gdyż wyścielone było od wewnątrz białym jedwabny materiałem, a sam flakon o klasycznej formie wykonany był ze szkła, zapieczętowany specjalną bibułką i nitką. Na flakonie naklejona była też złota etykieta z nazwą perfum *Assol*[73]. Warto zaznaczyć, że w tym samym roku zostały stworzone także perfumy *Assol-1*, w których zmieniono formułę i zapach[74].

Perfumowo-kosmetyczna fabryka Charków

Początek niniejszej fabryki sięga roku 1923, kiedy to Komitet Pracy przy Ogólnoukraińskiej Radzie Związków Zawodowych wydał rozporządzenie w sprawie utworzenia różnych zakładów produkcyjnych w celu poprawy sytuacji związanej z bezrobociem w regionie, a wśród powołanych ówcześnie zakładów znajdowała się także fabryka mydeł w Charkowie „Chemik pracy"[75]. Z czasem produkcja zaczęła się rozwijać i w latach 30. XX wieku tworzono w niej również pierwsze próbki perfum i kosmetyków. W 1934

[67] Zob. tamże.
[68] Zob. tamże.
[69] Zob. tamże.
[70] Zob. http://www.up.mk.ua/mainpage/show_item/70051 (data dostępu: 28.04.2024 r.).
[71] Zob. tamże; http://www. Szkarłatne żagle (1961) - Filmweb (data dostępu: 28.04.2024 r.).
[72] Zob. https://briefly.ru/grin/alye_parusa/ (data dostępu: 28.04.2024 r.).
[73] Zob. https://kremchik.ua/item-6709/ (data dostępu:28.04.2024 r.).
[74] Zob. tamże.
[75] Zob. https://www.laparfumerie.org/parfumedia/article/28878-харьковская-парфюмерно-косметическая-фабрика/ (data dostępu:28.04.2024 r.).

roku nazwa tego przedsiębiorstwa została zmieniona na Fabryka perfumowo-kosmetyczna nr 2 „TEGE", która wytwarzała ówcześnie dwanaście produktów m.in.: perfumy, wodę kolońską, wazelinę, puder, proszek do zębów[76]. W czasie II Wojny Światowej zaprzestano produkcji, a cały sprzęt został wywieziony z miasta, aby uchronić go przed zniszczeniem. W czasie okupacji Charkowa budynek zakładu został zniszczony. Po wojnie wznowiono działalność, a w 1954 roku fabryka ta została rozbudowana o perfumowe laboratorium, w którym opracowywano nowe formuły pachnideł[77]. W latach 60. XX wieku oprócz perfum kładziono też nacisk na produkcję środków pielęgnacyjnych oraz higieny osobistej[78].

Warto podkreślić, że niektóre perfumy powstające w Charkowskiej fabryce utrzymywały się w dyskursie socjalizmu i nosiły rozmaite komunistyczne nazwy, nawiązujące między innymi do historii II Wojny Światowej i komunistycznych świąt jak m.in. *1 Maja* (1954), *8 Marca* (1954), *Синий платочек* Siniy Platochek (1970), *Катюша* Katiusza (1970)[79]. Część perfum produkowana była świadomie jako rodzaj pamiątki z regionu i w związku z tym posiadały one w nazwie odwołania do miasta Charkowa: *Весенний Харьков* (Wiosenny Charków), *Родной Харьков* (Rodzimy Charków), *Харьковский Сувенир* (Charkowska pamiątka)[80].

Ukraina Charkowska Perfumowa Fabryka

Powyższe perfumy powstały w 1954 roku, po tym jak po II Wojnie Światowej ponownie rozpoczęła swoją działalność Charkowska Perfumowa Fabryka. Zapach *Ukraina* skierowany był do damskiego grona odbiorców, a swoją nazwą podkreślał patriotyczny charakter pachnidła i miłość do Ukrainy. Wśród nut zapachowych, które można było poczuć w tych perfumach były konwalia i jaśmin, nutami serca były ylang-ylang, piwonia i bez, nutami bazy zaś były ambra i drzewo sandałowe. Perfumy te należały więc do rodziny kwiatowo-orientalnych[81]. Istniały też dwie koncentracje niniejszego zapachu, gdyż można było zakupić zarówno ekstrakt jak też tańszą wodę kolońską. Flakon owych perfum miał kształt prostokątny ze złotą naklejką z napisem Ukraina. Szata graficzna opakowania nawiązywała natomiast do ludowego ukraińskiego ornamentu[82]. Korek wykonany był z plastiku w kolorach niebieskim oraz białym. Perfumy te były bardzo popularnym prezentem na różne okazje oraz zapachową pamiątką, kupowaną przez mieszkańców ZSRR podczas pobytu w Charkowie[83].

Lwów miasto pachnideł od XIX wieku

Lwów łączy w sobie polsko-ukraińską historię perfumową. Początki powiązania historii tego miasta i perfumeryjnego przemysłu sięgają XIX wieku i czasów monarchii austro-węgierskiej, kiedy to założona została przez Jana Ihnatowicza w roku 1875 roku pierwsza fabryka perfum we Lwowie. Jego produkty cieszyły się uznaniem i były prezentowane na różnych wystawach przemysłowych oraz lekarsko-przyrodniczych[84]. Jan Ihnatowicz, z wykształcenia farmaceuta, posiadał w owym czasie sklepy we Lwowie, w Przemyślu, w Stanisławowie oraz w Krakowie[85]. Jego fabryka chemiczno-kosmetyczna uważana była za pierwszą w Galicji, która zajmowała się produkcją o tym charakterze. W 1901 roku

[76] Zob. tamże.
[77] Zob. tamże.
[78] Zob. tamże.
[79] Zob. https://www.fragrantica.ua/designers/Kharkov-perfume-factory.html (data dostępu: 28.04.2024 r.).
[80] Zob. tamże.
[81] Zob. https://aromo.ru/fragrance/kharkov-perfume-factory-ukraina--ukraine-perfume-extract-parfum-extrait-de-parfum-2428013/ (data dostępu:28.04.2024 r.).
[82] Zob. https://kremchik.ua/item-21005/#gallery-1 (data dostępu: 28.04.2024r.).
[83] Zob. tamże.
[84] Zob. tamże.
[85] Zob. tamże.

przedsiębiorstwo to wytwarzało zgodnie z ulotką reklamową takie pachnidła jak: *Woda Lwowska, Woda Warszawska, Ess Bouqiet, Millefleurs, Perfumy królowej Marysieńki, Jockey Club*, a także perfumy jaśminowe, fiołkowe, różane, Ylang-Ylang, Opoponax, heliotropowe, piżmowe, wodę lawendową oraz wody kolońskie[86]. Założyciel fabryki – Jan Ihnatowicz zmarł w 1918 roku[87].

Kolejną fabryką perfumowo kosmetyczną założoną we Lwowie w 1919 roku był zakład, który otrzymał nazwę „Krasnaya Gwozdika"[88]. Jego produkty dość szybko zaczęły cieszyć się dużym powodzeniem. Wśród asortymentu były takie perfumy jak: *Krasnaya Gwozdika, Vecherniy Lvov, Vospominaniya o Lvove*[89]. Flakony wspomnianych perfum były starannie zaprojektowane, podobnie jak ich opakowania, a całość tworzyła często wyjątkowe, niemal artystyczne dzieła perfumowe. Służyły one jako prezenty okolicznościowe oraz pamiątki przywożone ze Lwowa. Jednym z najsłynniejszych perfum fabryki „Krasnaya Gwozdika" był produkt o tej samej nazwie, który dostępny był w kryształowym flakonie i przeznaczony niemal wyłącznie do sprzedaży za granicą[90]. W handlowym obrocie na rynku ZSRR perfumy te pojawiały się bardzo rzadko, ze względu na ich unikatowy charakter, a także dość wysoką cenę, jak na standardy sowieckiej konsumpcji; gdyż kosztowały one aż 20 rubli[91].

Perfumy jako kolekcjonerskie eksponaty sentymentalne

Pomimo bardzo trudnych pod wieloma względami warunków życia Polaków i Ukraińców w okresie istnienia PRL-u i ZSRR, wyprodukowane w tamtym czasie perfumy częstokroć nadal cieszą się sporym zainteresowaniem. Wpisują się one w historię dziedzictwa kulturowego, które odwzorowywało ówczesną rzeczywistość pod względem politycznym i gospodarczym; przybliżają one uwarunkowania codziennego życia w okresie realnego socjalizmu[92]. Według Igora Kopytoffa „Widziane z perspektywy kulturowej wytwarzanie towarów jest także procesem kulturowym i kognitywnym: nie wystarczy wytworzyć je materialnie, lecz muszą one zostać naznaczone kulturowo jako rzeczy konkretnego rodzaju"[93]. Dlatego też perfumy z epoki socjalizmu stanowić mogą jej interesujące kulturowe świadectwo, które budzi zainteresowanie zarówno w związku ze wspomnieniami czasów dzieciństwa, jak i ze względu na historyczną dociekliwość[94].

Liczne badania, związane z pojmowaniem zapachów jako bodźców wywołujących w ludziach cały szereg wspomnień i skojarzeń, wskazują na połączenia pomiędzy hipokampem (obszarem w mózgu, która odpowiada za działanie pamięci) oraz obszarem odpowiedzialnym za węch człowieka[95]. Dowodzą one, że zmysł węchu posiada dostęp do ludzkiej pamięci, co skutkować może tym, że zapachy odwołują się do doświadczeń zdobytych przez człowieka w

[86] Zob. https://www.przemyskiehistorie.pl/jan-ihnatowicz-i-jego-fabryka-kosmetykow/ (data dostępu: 28.04.2024 r.).
[87] Zob. tamże.
[88] Zob. https://www.livemaster.ru/item/35930638-vintazh-redchajshie-duhi-krasnaya-gvozdika-zapechatany (data dostępu: 28.04.2024 r.).
[89] Zob. tamże.
[90] Zob. https://parfum.vintagetorg.com/parfum/parfum-sssr/360-krasnaja-gvozdika.html (data dostępu: 28.04.2024 r.).
[91] Zob. tamże.
[92] Zob. R. Sulima, *Antropologia codzienności,* Kraków 2000; R. Stobiecki, *Jaka pamięć Polski Ludowej jest nam potrzebna*?, „Studia Politologica" 2011, nr 6, s. 239-250; M. Roeske, *Moda czy nostalgia? O tym jak PRL funkcjonuje w wyobraźni współczesnych Polaków*, „Kultura Popularna" 2014, nr 2, s. 140-151.
[93] I. Kopytoff, *Kulturowa biografia rzeczy – utowarowienie jako proces,* przeł. E. Klekot, [w:] *Elementy teorii antropologicznej*, red. M. Kempny, E. Nowicka, Warszawa 2003, s. 249.
[94] Zob. M. Golka, *Pamięć społeczna i jej implanty*, Warszawa 2009.
[95] Zob. https://dzienniknaukowy.pl/zdrowie/zapachy-moga-wywolywac-silne-wspomnienia-nowe-badania-tlumacza-dlaczego (data dostępu: 28.04.2024 r.).

przeszłości[96]. Wyczuwanie konkretnego zapachu, z którym dana osoba miała do czynienie wcześniej, pozwala jej na żywe odtworzenie danego zdarzenia jako powiązanego z owym zapachem. Zjawisko to zostało określone efektem Prousta, w nawiązaniu do motywu z cyklu *W poszukiwaniu straconego czasu* Marcela Prousta[97]. Świat zapachów jest ważnym elementem percepcji przez człowieka otaczającej go rzeczywistości. Dlatego też powrót do doświadczeń i zdarzeń z przeszłości poprzez perfumy lub też nawiązywanie do bezpośrednich skojarzeń poprzez zapachy jest również powodem, który sprawia, że perfumy z minionych czasów cieszą się wciąż dużym zainteresowaniem. Sentymentalny wydźwięk pachnideł z epoki socjalizmu i nieustające zainteresowanie nimi wśród osób reprezentujących wciąż nowe pokolenia potwierdzają produkowane nadal zapachy takie jak *Być Może…* i *Pani Walewska*. Niegdyś uchodzące za cenowo przestępne dla mas społeczeństwa obecnie paradoksalnie w wersji vintage potrafią osiągać kwoty podobne do cen perfum produkcji francuskiej[98]. Zainteresowanie dawną produkcją pachnideł jest podobne do podróży w czasie, daje możliwość powrotu do młodości lub zapachów, z którymi kojarzą się najbliższe osoby (ponieważ *Pani Walewska* lub *Być Może…* należały do bardziej dostępnych wonności, z których korzystały częstokroć nasze babcie i mamy)[99]. O uwarunkowaniach epoki socjalizmu przypomina nie tylko zapach, ale także design flakonu i opakowania, które różnią się ogromnie od dostępnego obecnie asortymentu[100]. Perfumy stają się zatem łącznikiem pomiędzy światem współczesnym a ówczesnymi realiami[101]. Ukraińskie perfumy marek działających w tamtym okresie cieszą się coraz większym zainteresowaniem kolekcjonerów nie tylko z państw byłego ZSRR, ale również i Polaków. Odmienne flakony, zapachy i szaty graficzne snują swoistą opowieści o rzeczywistości naznaczonej przez polityczno-gospodarcze uwarunkowania – żelazną kurtynę oraz towarowe deficyty. Brak wolności świata zachodniego i dostępu do towarów luksusowych próbowano więc ówcześnie wypełnić rodzimymi perfumowymi kreacjami, które często nieformalnie inspirowane były właśnie przez produkty i mody z oficjalnie politycznie zakwestionowanego Zachodu.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”



Bibliografia

1. Boćkowska A., Księżyc z Peweksu. O luksusie w PRL, Wołowiec 2017.
2. Boniecki A., Reiski A., Herbarz Polski. Część I, Wiadomości Historyczno-genealogiczne o rodach szlacheckich, T.XV, Warszawa 1912.
3. Eisler J., Czterdzieści pięć lat, które wstrząsnęły Polską. Historia polityczna 1944–1989, Warszawa 2018.

[96] Zob. tamże.
[97] Zob. tamże.
[98] Są to perfumy sprzedawane przez prywatne osoby na takich platformach jak Allegro czy OLX.
[99] Zob. https://poranny.pl/perfumy-damskie-w-czasach-prlu-byly-produktami-luksusowymi-sprawdz-czy-pamietasz-kultowe-marki-z-dawnych-lat/ar/c6-17335959 (data dostępu: 28.04.2024r.).
[100] Zob. R. Stobiecki, dz. cyt..
[101] Zob. M. Roeske, dz. cyt..

4. Golka M., Pamięć społeczna i jej implanty, Warszawa 2009.
5. Hoffmann B., Perfumy. Uwarunkowania kulturowo – społeczne, Kraków 2013.
6. Iwanowa A., Magaziny „Berezka": Paradoksy potreblenya v pozdnem SSSR, Moskwa 2017.
7. Klimiuk Z., Struktura i obroty handlowe między RFN a ZSRR w latach 70. XX wieku jako przejaw postępującego spowolnienia i kryzysu gospodarczego Związku Radzieckiego, „Historia i Polityka" 2022, nr 4, s. 59-79.
8. Kochanowski J., Tylnymi drzwiami. „Czarny rynek" w Polsce 1944-1989, Warszawa 2010.
9. Kopytoff I., Kulturowa biografia rzeczy – utowarowienie jako proces, przeł. E. Klekot, [w:] Elementy teorii antropologicznej, red. M. Kempny, E. Nowicka, Warszawa 2003.
10. Krowicka B., Currara, czyli zapach uwodzenia, „Wprost" 2009, nr 23, s. 70.
11. Kunicki k., Ławecki T., Ta nasza młodość… Jak dorastało się w PRL?, Warszawa 2017.
12. Marciniak W., Rozgrabione imperium. Upadek Związku Sowieckiego i powstanie Federacji Rosyjskiej, Kraków 2004.
13. Materski W., Od cara do „cara". Studium rosyjskiej polityki historycznej, Warszawa 2017.
14. Mazurek M., Społeczeństwo kolejki. O doświadczeniach niedoboru 1945-1989, Warszawa 2010.
15. Mrukot M., Kosmetologia. Receptariusz, Kraków 2006.
16. Newman C., Perfumy: podróż w świat zapachów, tłum. B. Gadomska, Warszawa 2000.
17. Paczkowski A., Półwieku dziejów Polski, Warszawa 2005.
18. Paczkowski A., Strajki, bunty, manifestacje jako polska droga przez socjalizm, Poznań 2003.
19. Pelka A., Z [politycznym] fasonem. Moda młodzieżowa w PRL i NRD, Gdańsk 2013.
20. Roeske M., Moda czy nostalgia? O tym jak PRL funkcjonuje w wyobraźni współczesnych Polaków, „Kultura Popularna" 2014, nr 2, s.140-151.
21. Roszkowski W., Najnowsza historia Polski 1945-1980, Warszawa 2003.
22. Roszkowski W., Najnowsza historia Polski 1980-2006, Warszawa 2006.
23. Serczyk W. A., Historia Ukrainy, Wrocław 2009.
24. Skura A., „Nie wystarczy się umalować-trzeba się umyć…" – sprawy higieny, zdrowia i urody na łamach prasy kobiecej z lat pięćdziesiątych, Szkice o codzienności PRL, red. M. Kruszyński, T Osieński, Lublin 20016.
25. Solska J., 80-te. Jak naprawdę żyliśmy w ostatniej dekadzie PRL, Warszawa 2018.
26. Stobiecki R., Jaka pamięć Polski Ludowej jest nam potrzebna, „Studia Politologica" 2011, nr 6, s. 239-250.
27. Sulima R., Antropologia codzienności, Kraków 2000.
28. Zawistowski A., Bilety do sklepu. Handel reglamentowany w PRL, Warszawa 2017.

Źródła internetowe

1. Aulich A., PEWEX, czyli luksus w czasach PRL. Takie rzeczy można było kupić tylko w specjalnych sklepach PEWEX. Zobacz!, https://gazetakrakowska.pl/pewex-czyli-luksus-w-czasach-prl-takie-rzeczy-mozna-bylo-kupic-tylko-w-specjalnych-sklepach-pewex-zobacz/ar/c3-17314759 (data dostępu: 27.04.2024 r.).
2. Bochen D., Jerzy Stasiak. Kim jest i czym się zajmuje jeden z najbogatszych Polaków?, https://www.money.pl/gospodarka/jerzy-starak-kim-jest-i-czym-sie-

zajmuje-jeden-z-najbogatszych-polakow-6416249067435649a.html (data dostępu: 27.04.2024 r.).
3. http://www. Szkarłatne żagle (1961) - Filmweb (data dostępu: 28.04.2024 r.).
4. http://www.up.mk.ua/mainpage/show_item/70051 (data dostępu: 27.04.2024 r.).
5. http://www.up.mk.ua/mainpage/show_item/70051 (data dostępu: 28.04.2024 r.).
6. https://aromo.ru/fragrance/kharkov-perfume-factory-ukraina--ukraine-perfume-extract-parfum-extrait-de-parfum-2428013/ (data dostępu:28.04.2024 r.).
7. https://briefly.ru/grin/alye_parusa/ (data dostępu: 28.04.2024 r.).
8. https://dzienniknaukowy.pl/zdrowie/zapachy-moga-wywolywac-silne-wspomnienia-nowe-badania-tlumacza-dlaczego (data dostępu: 28.04.2024 r.).
9. https://filmpolski.pl/fp/index.php?film=121183 (data dostępu: 27.04.2024 r.).
10. https://gazeta.choroszcz.pl/?p=53133 (data dostępu: 28.04.2024 r.).
11. https://kosmetykiperfumy24.pl/rankingi-perfum/perfumy-z-czasow-prl-zapachy-z-pewexu-i-nie-tylko/ (data dostępu: 27.04.2024 r.).
12. https://kosmetykiperfumy24.pl/rankingi-perfum/perfumy-z-czasow-prl-zapachy-z-pewexu-i-nie-tylko/ (data dostępu: 27.04.2024 r.).
13. https://kremchik.ua/item-21005/#gallery-1 (data dostępu: 28.04.2024r.).
14. https://kremchik.ua/item-6709/ (data dostępu:28.04.2024 r.).
15. https://kremchik.ua/news/3439nidparfyumeriya_sovetskoy_ukrainy.html (data dostępu: 27.04.2024 r.).
16. https://miraculum.pl/byc-moze (data dostępu: 27.04.2024 r.).
17. https://miraculum.pl/pl/i/O-firmie/8 (data dostępu: 27.04.2024 r.).
18. https://mykolaiv.one/ru/eternal/alye-parusa-yuzhnogo-buga-kak-nikolaevchanki-sozdavali-krasotu-4423 (data dostępu:27.04.2024 r.).
19. https://parfum.vintagetorg.com/parfum/parfum-sssr/360-krasnaja-gvozdika.html (data dostępu: 28.04.2024 r.).
20. https://poranny.pl/perfumy-damskie-w-czasach-prlu-byly-produktami-luksusowymi-sprawdz-czy-pamietasz-kultowe-marki-z-dawnych-lat/ar/c6-17335959 (data dostępu: 28.04.2024r.).
21. https://web.archive.org/web/20060901214734/http://www.polskaludowa.com/kalendarium/1951-1955.htm (data dostępu: 27.04.2024 r.).
22. https://www.fragrantica.ua/designers/Kharkov-perfume-factory.html (data dostępu: 28.04.2024 r.).
23. https://www.laparfumerie.org/parfumedia/article/28878-харьковская-парфюмерно-косметическая-фабрика/ (data dostępu:28.04.2024 r.).
24. https://www.livemaster.ru/item/35930638-vintazh-redchajshie-duhi-krasnaya-gvozdika-zapechatany (data dostępu: 28.04.2024 r.).
25. https://www.livemaster.ru/item/35930638-vintazh-redchajshie-duhi-krasnaya-gvozdika-zapechatany (data dostępu: 28.04.2024 r.).
26. https://www.przemyskiehistorie.pl/jan-ihnatowicz-i-jego-fabryka-kosmetykow/ (data dostępu: 28.04.2024 r.).
27. https://www.wirtualnemedia.pl/artykul/san-markos-ozywia-stary-brand-currara (data dostępu: 27.04.2024 r.).
28. Leszczyński A., Reglamentacje i kartki w PRL. Przetrwały do dzisiaj, https://wyborcza.pl/alehistoria/7,121681,23228545,reglamentacje-i-kartki-w-prl-przetrwaly-do-dzisiaj.html (data dostępu: 27.04.2024 r.).
29. Matys M., Po Godzinach. Pani Walewska i brutal, https://www.pb.pl/pani-walewska-i-brutal-650760 (data dostępu: 27.04.2024 r.).
30. Petrova N., Duhi v SSSR: 6 importnyh aromatov, stavshyh legendoi, http://shoppingzone.ru/pokupatel/?id=3490 (data dostępu: 27.04.2024 r.).

31. Pulatowa K., Kak w SSSR zhyli po talonam: ekskurs v golodnye vremena, https://www.unian.net/curiosities/talony-na-edu-v-sssr-kogda-i-kak-poyavilis-12430128.html (data dostępu: 27.04.2024 r.).

PRAWNO – KARNE ASPEKTY HANDLU KOMÓRKAMI, TKANKAMI LUB NARZĄDAMI

Ożóg J.,
Bydgoska Szkoła Wyższa, Polska

Streszczenie. Handel narządami ludzkimi stanowi jeden z problemów, którego zasięg terytorialny zwiększa się z coraz większą dynamiką. Dokonanie trafnej definicji tego pojęcia jest niezwykle trudne, bowiem zjawisko ma charakter multidyscyplinarny i wieloaspektowy. W polskim systemie prawno – karnym brak jest jednoznacznej definicji handlu narządami ludzkimi, do której odniesienie odnaleźć można jedynie w definicji handlu ludźmi.
Odpowiedzialność karna osób uczestniczących w handlu narządami ludzkimi uregulowana została w Ustawie z dnia 1 lipca 2005 r. o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów i stanowi duże wyzwanie dla organów ścigania w kontekście skutecznego wykrywania, stwierdzania oraz osądzania przestępstw związanych z handlem narządami ludzkimi.
Słowa kluczowe: Handel narządami ludzkimi, turystyka transplantacyjna.

Handel narządami ludzkimi stanowi jeden z problemów, którego zasięg terytorialny zwiększa się z coraz większą dynamiką. Zabiegi transplantacyjne – stanowią jeden z aspektów związanych z przedłużaniem ludzkiego życia. Po jednej stronie postawić można na szali dążenie do uratowania życia ludzkiego, po drugiej stronie stoi natomiast człowiek, który staje się dawcą narządu. Niezmiernie ważne jest, aby nie powodować uprzedmiotowienia człowieka po jego śmierci, ponieważ komercjalizacja ludzkiego organizmu powoduje naruszenie praw i godności jednostki ludzkiej[1].

Deficyt narządów w klinikach transplantacyjnych powoduje uciekanie się do poszukiwania ich na czarnym rynku, gdzie cena nie gra roli, a liczy się zdobycie samego narządu, w celu przedłużenia życia[2].

Intensywny rozwój transplantologii spowodował zwiększenie zapotrzebowania na narządy do przeszczepów, jednak mimo rzekomo zwiększonej świadomości związanej z koniecznością oddawania narządów do przeszczepów, trudno dostrzegalny jest altruizm.

Zjawisko handlu organami wewnętrznymi człowieka nie miałoby miejsca, gdyby nie konieczność dokonywania transplantacji. Przeszczepów dokonywać można nie tylko w obrębie jednego gatunku, tj. gatunku ludzkiego, ale również w skutek wprowadzenia badań nad zwierzętami - możliwe są tzw. ksenoprzeszczepy, czyli przeszczepy międzygatunkowe. Szybki rozwój technik transplantacji i zwiększające się pole możliwości lekarskich doprowadziło do zwiększenia zapotrzebowania na przeszczepy[3], [4].

Dokonywanie przeszczepów, które ratują ludzkie życie należy rozgraniczyć na *dwa rodzaje dawstwa narządów ludzkich* – pierwszym z nich jest to, od dawcy zmarłego. Dokonuje się go po orzeczeniu śmierci mózgowej i wydaniu zgody do pobrania narządów od osoby zmarłej, chyba, że zaistnieją przesłanki[5] nie pozwalające na pobranie narządów. Ten sposób dawstwa nazywany jest *dawstwem ex mortuo*.

[1] M. Gałuszka, *Komercjalizacja ciała ludzkiego w społeczeństwie ryzyka biomedycznego,* Acta Universitati Lodziensis, Folia Sociologica 55, 2015.
[2] B. Hołyst, *Kryminologia,* Wydawnictwo Wolters Kluwer, Warszawa 2022, s. 582.
[3] S. SURMA, M. ADAMCZAK, *KSENOTRANSPLANTACJA NERKI,* WYDAWNICTWO VIA MEDICA, GDAŃSK 2019, TOM 12, NR 2,
S. 114–124; J. WIATER, *CZY DZIĘKI METODOM INŻYNIERII GENETYCZNEJ KSENOTRANSPLANTACJA STANIE SIĘ FAKTEM? TRANSGENICZNE ŚWINIE JAKO POTENCJALNI DAWCY NARZĄDÓW DLA CZŁOWIEKA,* KOSMOS. PROBLEMY NAUK BIOLOGICZNYCH, TOM 67 NR 3 (2018).
[4] A Sieradzka, *Tajemnice transplantacji,* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018.
[5] Przez przesłanki takie rozumie się sprzeciw wyrażony przez osobę dawcy za życia, bądź wyrażony przez jego najbliższych, jakoby miał być wolą zmarłego. P.G. Nowak, *Pobieranie narządów po zatrzymaniu krążenia. O*

Drugim rodzajem dawstwa jest dawstwo narządu od osoby żywej. Sytuacja taka ma miejsce, kiedy członek rodziny, czy inna osoba nie spokrewniona z biorcą może uratować życie drugiemu człowiekowi (lub osoba obca w przypadku zgodności tkankowej w akcie altruistycznego gestu- nie odpłatnego). Sytuacja taka może mieć również miejsce w przypadku zaistnienia handlu narządami ludzkimi, kiedy to dawcy, w celu otrzymania korzyści majątkowej (lub innej) decydują się na sprzedaż swoich narządów wewnętrznych, bez których można żyć, czyli: nerka, płat wątroby, rogówka, kości, tkanki takie jak szpik kostny, czy krew. Ten sposób dawstwa nazywany jest *dawstwem ex vivo*[6].

Odpowiedzialni za handel narządami są również *pośrednicy*, albo *tzw. brokerzy narządów*, którzy zajmują się pośredniczeniem i dopełnianiem formalności wynikających ze świadczonej usługi dostarczenia narządu do przeszczepu. Narządy oferowane przez pośredników pochodzą z procederu przestępczego, a tym samym istnieje możliwość niepowodzenia w przypadku nieprawidłowego doboru dawcy i biorcy[7]. Pośrednicy zajmują się wyszukaniem odpowiedniej osoby, która może zostać dawcą, zwerbowaniem jej w celu pobrania narządów wewnętrznych, a następnie dostarczeniem oczekiwanego narządu osobie chorej, która w takiej sytuacji nie powinna nazywać siebie biorcą, a zleceniodawcą.

Obok pośredników w handlu narządami ludzkimi niebagatelną rolę odgrywają lekarze, bez których zabieg poboru narządów oraz ich przeszczepienia do innego organizmu byłby niemożliwy. Sam zabieg transplantacji wymaga bowiem nie tylko specjalistycznej wiedzy, ale również specjalistycznego sprzętu i zespołu ludzi. Dowodzi to, że w handlu organami ludzkimi nie występują jedynie dawcy – biorcy – pośrednicy, ale również lekarze, którzy mimo składanej przysięgi Hipokratesa łamią obowiązujące zasady[8]. Nie można jednak oskarżać każdego transplantologa o udział w zorganizowanej grupie przestępczej trudniącej się handlem narządami ludzkimi.

Biorąc pod uwagę specyfikę transplantologii i związanej z nią konieczności pobierania narządów wewnętrznych, poważnym zjawiskiem w zakresie aspektu moralno- etycznego stała się komercjalizacja ludzkiego organizmu. Przez zjawisko to należy rozumieć działanie w kierunku pozyskiwania narządów wewnętrznych do przeszczepów w zamian za korzyści materialne lub osobiste.

Z moralnego i etycznego punktu widzenia praktyka taka uwłacza godności osoby ludzkiej, a także budzi wątpliwości co do godziwości[9]. Zgodnie z tezami etyków dopuszczanie do komercjalizacji człowieka z perspektywy czasu może doprowadzić do zrównania osoby ludzkiej z rzeczami, które to są przedmiotem wymiany i handlu (barteru). Części człowieka wobec tego traktowane są jako produkt wolnorynkowy, który można w każdym momencie nabyć i sprzedać[10].

Handel ludzkimi narządami stał się problemem międzynarodowym już w latach 50. ubiegłego wieku, kiedy to eksperci w zakresie prawa zaczęli z większą uwagą przyglądać się

nadrzędności neurologicznego kryterium śmierci nad krążeniowym- kwestie regulacyjne., Analiza i Egzystencja 42 (2018), s. 45-59.

[6] E. M. Guzik – Makaruk, *Transplantacja organów, tkanek i komórek w ujęciu prawnym i kryminologicznym* Wydawnictwo Temida, Białystok 2008, s. 32-33.

[7] T. Stec, *Handel organami, problem nadal aktualny*, Tarnowskie Studia Teologiczne, nr 36/2017.

[8] T. Kielanowski [red.], *Etyka i deontologia lekarska*, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 1985, s. 129.

[9] P.G. NOWAK, *OCENA MORALNA TRANSPLANTACJI EX VIVO I HANDLU LUDZKIMI ORGANAMI W ŚWIETLE ETYKI KANTA*, DIAMETROS – AN ONLINE JOURNAL OF PHILOSOPHY, NR 46/2015, WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO.

[10] A. Breczko, *Komercjalizacja ludzkiej prokreacji – problemy etyczne i prawne*, [w:] A. Piszcz, M. Olszak, M. Etel (red.) *Państwo, gospodarka, prawo. Księga dedykowana Profesorowi Cezaremu Kosikowskiemu z okazji jubileuszu pracy naukowej na Wydziale Prawa Uniwersytetu w Białymstoku*, Białystok 2015, s. 257-273.

działaniom zorganizowanych grup przestępczych, których dochodowość wzrastała wraz z szerzeniem się polityki „turystyki przeszczepowej”[11].

Dokonanie trafnej definicji pojęcia handlu narządami ludzkimi jest niezwykle trudne, ponieważ samo znaczenie wyrazu *trafficking*, które używane jest dla określenia wskazanego procederu budzi wątpliwości natury lingwistycznej. Etymologia słowa pozwala sądzić, że wywodzi się ono od pojęcia *trade* oznaczającego handel. Można zatem dokonać zbitki wyrazowej i wskazać, że *trade of organs* oznaczać będzie handel narządami[12].

Pojęcie to jednak samo w sobie nie niesie znaczenia pejoratywnego, a jedynie określenie zjawiska. Pojęcie *trafficking* używane jest w konotacji negatywnej przy dokonywaniu charakterystyki pojęć związanych z handlem narządami ludzkimi[13].

Samo znaczenie wskazanego pojęcia nie pozwala na dokonanie zdefiniowania zjawiska handlu narządami, ponieważ jest ono zbyt ogólne i łączy w sobie różnego rodzaju działania zmierzające do dokonania w sposób „legalny” lub „nielegalny” pobrania narządów ludzkich w celu wykorzystania ich jako części zamiennych dla osób potrzebujących ich dla przeżycia lub przedłużenia życia.

Pojęcie handlu narządami ludzkimi po raz pierwszy w ujęciu prawnym scharakteryzowane zostało na gruncie Raportu wspólnego Rady Europy oraz ONZ[14], gdzie w sposób wyraźny dokonano typologii oraz zdefiniowania dwojakiego rozumienia pojęcia handlu. Sam tytuł wskazanego raportu pozwala na zdefiniowanie dwóch pojęć handlu narządami ludzkimi – *traficking in organs, tessues and cells* – co oznacza dokonywanie handlu narządami, tkankami oraz komórkami (wskazaną definicję można uznać za pojęcie sensu largo) oraz *trafficking in human beings for the purpose of organ removal*- gdzie wskazano na handel człowiekiem, istotą w celu usunięcia organu (definicja sensu stricte)[15].

Pierwszym z zagadnień wynikających z problematyki prawnokarnej jest pojęcie przestępstwa nielegalnego handlu ludzkimi narządami. Nie zostało ono jednoznacznie spenalizowane w polskim kodeksie karnym. Stanowi zjawiskową formę handlu ludźmi.

W Polsce przepisy karne stosowane obecnie wobec osób dopuszczających się popełnienia przestępstwa publikowania ogłoszeń o płatnym zbyciu narządów, pośredniczących w procederze, czy też będących biorcami wynikają jedynie z ustaw wskazujących na zasady przeszczepiania narządów, a w niektórych państwach, pośrednio również definicji handlu ludźmi, w związku z faktem, że handel narządami ludzkimi stanowi jego formę zjawiskową[16].

Odwołując się do uregulowań kodeksu karnego[17], z roku 1997, nie sposób nie zauważyć, że brak jest w jego regulacjach jednoznacznej definicji handlu narządami ludzkimi,

[11] D. Ślęczek - Czakon, *Czy transplantacje są przejawem zmian w moralności? Wątpliwości bioetyków,* Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Organizacja i zarządzanie z. 123, Wydawnictwo Naukowe Politechniki Śląskiej, Gliwice 2018, s. 540-541.

[12] F. Ambagtsheer, *Organ trade,* Financial support by Erasmus University Rotterdam, the Dutch Transplant Society, Astellas Pharma bv, the Dutch Kidney Foundation, Fresenius Medical Care Nederland bv, ZonMw and Chiesi Pharmaceutical, 2017.

[13] J. de Jong, *Human trafficking for the purpose of organ removal,* 2017.

[14] *Joint Council of Europe/United Nations Study on trafficking in organs, tissues and cells and trafficking in human beings for the purpose of the removal of organs.*

[15] A. Caplan, B. Dominguez-Gil, R. Matesanz, C. Prior, *Trafficking in organs, tissues and cells and trafficking in human beings for the purpose of the removal of organs*, Directorate General of Human Rights and Legal Affairs Council of Europe 2009, s. 53-67.

[16] Z. Lasocik, E. Rekosz, *Handel narządami. Spory wokół interpretacji przepisów karnych ustawy transplantacyjnej,* Ośrodek Badań Handlu Ludźmi Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2011.

[17] Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. *Kodeks karny* (t. j. Dz. U. z 2024 r. poz. 17 z późn. zm.)

do których odniesienie odnaleźć można jedynie w definicji handlu ludźmi[18]. Problem ten jednak nie pozostaje na marginesie współczesnych zjawisk negatywnie wpływających na bezpieczeństwo państwa oraz jego prawidłowe funkcjonowanie. Dodatkowo wskazać należy, ze statystyki policyjne, w swoich danych wskazują w sposób marginalny problematykę handlu narządami ludzkimi, ograniczając się jedynie do szacowania zasięgu zjawiska.

W obowiązującej regulacji prawnej – kodeksowej nie ma przepisu, który w sposób bezpośredni wskazywałby na zjawisko handlu ludzkimi narządami. Ustawodawca przyjął bowiem, że przestępstwo to należy do form zjawiskowych handlu ludźmi, w związku z czym to właśnie w przepisach regulujących handel ludźmi należy doszukiwać się pośrednich odniesień do handlu narządami ludzkimi[19].

Niedookreśloność w tym zakresie powoduje wątpliwości natury prawnej i odsyła do ustawy szczegółowej, która zawiera regulacje prawne, odnoszące się jednak jedynie do aspektu transplantacyjnego popełniania przestępstwa handlu narządami ludzkimi i towarzyszących mu przestępstw okołotransplantacyjnych[20].

Zjawisko handlu narządami ludzkimi warunkowane jest wystąpieniem nieprawidłowości w gospodarowaniu narządami w celu ich transplantacji, co jedynie w niewielkim stopniu zostało poddane analizie w jednym z pierwszych aktów normatywnych traktujących o wskazanej problematyce, którą były Wytyczne Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej[21] w sprawie dokonywania zabiegu przeszczepiania nerek, które wskazywały na możliwości dokonywania pobrań zarówno od dawców żywych, jak również zmarłych, jednak wskutek braku możliwości traktowania ich jako źródła prawa powszechnie obowiązującego, nie było możliwości pociągania do odpowiedzialności za czyny bezprawne związane z nielegalnymi pobraniami narządów[22].

Wobec zwiększającego się zapotrzebowania na dokonywanie przeszczepów oraz intensywnego rozwoju polityki transplantacyjnej zaszła potrzeba wprowadzenia regulacji prawnej sankcjonującej przeszczepianie narządów. W roku 1995 została stworzona pierwsza ustawa transplantacyjna, która miała regulować zakres pobierania komórek, tkanek oraz narządów od dawcy żywego lub zmarłego[23]. W ustawie tej wskazano, że pobrania narządów można dokonać jedynie w celach diagnostycznych, leczniczych, naukowych i dydaktycznych[24]. W związku z tym, każde inne zastosowanie pobrania narządów może stanowić w myśl obowiązujących wówczas przepisów prawnych przestępstwo.

[18] Definicja handlu ludźmi z wyszczególnieniem elementów dotyczących handlu narządami ludzkimi wskazana została w części poświęconej zagadnieniom ogólnym pracy. Należy odwołać się w szczegół ości do artykułów 115§22 (definicja) oraz 189a (sankcje karne).

[19] O. Sitarz, *Kryminalizacja odpłatnych czynności związanych z transplantacją,* [w:] Z. Lasocik, E. Rekosz, *Handel narządami. Spory wokół interpretacji przepisów karnych ustawy transplantacyjnej,* Wydawnictwo Ośrodka Badań Handlu Ludźmi Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2011, s. 25-41.

[20] Ustawa z dnia 1 lipca 2005 r. *o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów* (t. j. Dz. U. 2023 poz. 1185 z późn. zm.); J. Haberko, I. Uhrynowska – Tyszkiewicz, *Ustawa o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów*. *Komentarz.*, Wydawnictwo Wolters Kluwer Business, Warszawa 2014, s. 370-372.

[21]Wytyczne Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej *w sprawie dokonywania zabiegu przeszczepiania nerek* (Dz. Urz. MZiOS 1975, Nr 21, poz. 79.).

[22] D. Safian, *Podstawy prawne przeszczepiania narządów w Polsce* [w:] W. Rowiński [red.] *Zarys chirurgii transplantacyjnej*, Wydawnictwo Akademii Medycznej, Warszawa 1993, s. 27.

[23] Ustawa z dnia 26 października 1995 r. *o pobieraniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów* (Dz. U. 1995, nr 88, poz. 554 z późn. zm.). Ustawa została uchylona z momentem wejście w życie nowej ustawy transplantacyjnej.

[24] Ibidem, art. 2.

Pierwsza ustawa transplantacyjna, w sposób niezbyt szeroki wskazywała możliwe rozwiązania sytuacji kryzysowych związanych z przeszczepianiem narządów. Regulacja prawna „nowej" ustawy transplantacyjnej obowiązuje w Polsce od dnia 1 stycznia 2006 r., a sama ustawa stworzona została rok wcześniej. Zawiera ona szereg szczegółowych regulacji oraz zasad postępowania w zakresie pobierania i przeszczepiania narządów, tkanek i komórek. Nie sposób scharakteryzować zjawiska handlu narządami ludzkimi bez odniesienia do obowiązujących przepisów prawnych regulujących problematykę związaną z polityką transplantacyjną w Polsce[25].

Ustawa transplantacyjna, poszerza znacznie regulacje prawne obowiązujących wcześniej regulacji, dodając nowe aspekty i zakres obowiązywania. W części przepisów ogólnych ustawy wskazany został cel jej utworzenia, który stanowi regulacja zasad pobierania, przechowywania i przeszczepiania narządów ludzkich, komórek[26], krwi obwodowej oraz krwi pępowinowej, jak również tkanek.

Wskazuje ona, że zasady w niej zawarte winny być stosowane zarówno do dawców żywych, jak i do dawców zmarłych. Zmianą w odniesieniu do poprzednio obowiązujących przepisów prawnych jest wskazanie definicji legalnych pojęć, które stanowią podstawowy słowniczek używany nie tylko w kontekście ustawy, ale również w zakresie związanym z transplantologią. Istotnym jest zdefiniowanie pojęcia dawcy[27], dawstwa, narządu, pobierania, tkanki, zastosowania u ludzi, czy też dawcy żywego.

Ustawa już w art. 3[28] wskazuje, że proces pobierania od dawcy komórek, tkanek czy też narządów winien być całkowicie nieodpłatny, co oznacza, że nie można z tego tytułu przyjąć żadnej korzyści, która mogłaby wpłynąć na nielegalność pobrania i przeszczepienia.

Odniesienie do tego artykułu, jak również kolejnych, dają zamknięte ramy bezpieczeństwa, pozwalające na zmniejszenie prawdopodobieństwa dokonywania handlu narządami ludzkimi. Ustawodawca dodatkowo wskazuje możliwe do zwrotu koszty, które można uznać za możliwe do zwrotu, a nie należą do grupy korzyści majątkowych przekazywanych za przeszczep[29]. Wskazano dodatkowo zasady zgłaszania sprzeciwów względem możliwości pobrania komórek, tkanek i narządów po śmierci, jak również szereg regulacji prawnych związanych z możliwością pobrania w celu przeszczepienia po stwierdzeniu zgonu w skutek nieodwracalnego zatrzymania krążenia[30].

Ustawodawca wskazuje dodatkowo możliwość dokonywania przeszczepów międzygatunkowych, zwanych ksenoprzeszczepami. Mają one zastosowanie na zasadach

[25] Ustawa z dnia 1 lipca 2005 r. *o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów*, op. cit.

[26] W zakres komórek wpisane zostają komórki krwiotwórcze szpiku.

[27] Przez dawcę rozumie się żywego dawcę albo zwłoki ludzkie, od których pobiera się komórki, tkanki lub narządy.

[28] Ustawa z dnia 1 lipca 2005 r. *o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów*, op. cit., art. 3

[29] Zgodnie z art. 3 ust. 3 ustawy przez korzyści nie uznane w rozumieniu ustawy za korzyści związane z przeszczepieniem należy uznać: 1) koordynację pobrania; 2) badanie i wydanie na ich podstawie opinii lekarskich; 3) identyfikację potencjalnego dawcy; 4) kwalifikację potencjalnego dawcy; komisyjne stwierdzenie trwałego nieodwracalnego ustania czynności mózgu w sposób określony w art. 9 ust. 4; 6) hospitalizację potencjalnego dawcy, od stwierdzenia trwałego nieodwracalnego ustania czynności mózgu do pobrania narządu, wraz z czynnościami polegającymi na podtrzymywaniu czynności narządów; 7) badania laboratoryjne przed pobraniem komórek, tkanek lub narządów; 8) badania kwalifikujące narządy do przeszczepienia, po pobraniu od dawcy; 9) zabiegi pobrania komórek lub tkanek; 10) badania kwalifikujące komórki lub tkanki do przeszczepienia, po pobraniu od dawcy; 11) zabieg pobrania narządów z uwzględnieniem kosztów ponoszonych przez zakład opieki zdrowotnej, w którym: a) pobrano narząd lub narządy, b) przeszczepiono pobrany narząd lub narządy. 4. Do kosztów pobrania szpiku, komórek krwiotwórczych.

[30] W. Michalska, W. Jandy, K. Sadaj – Owczarek, *Zgoda czy brak sprzeciwu. Wiedza na temat oświadczenia woli i obowiązujących przepisów prawnych w zakresie przeszczepiania narządów w Polsce*, Zeszyty Naukowe Collegium Witelona nr 46(1) / 2023, s. 14.

określonych w przepisach prawnych dotyczących eksperymentów medycznych[31]. Obecnie nie istnieje jeszcze możliwość dokonywania przeszczepów odzwierzęcych, jednak w sytuacji prawnego i medycznego unormowania tej kwestii problem braku możliwości przeszczepiania w skutek deficytu narządów w sposób dynamiczny zostanie zniwelowany[32].

Ustawa zakłada, że za pobierane komórki, tkanki i narządy nie można pobierać żadnych środków finansowych[33], stąd uzyskiwanie jakiegokolwiek zysku jest karane. Wskazuje w sposób jednoznaczny, że z założenia narządy wewnętrzne pobierać można od dawcy zmarłego w przypadku, gdy nie wyraził sprzeciwu w Centralnym Rejestrze Sprzeciwów, jak również od dawcy żywego, na podstawie odrębnych przepisów określonych w ustawie.

Obok biorców i dawców narządów często w procederze przestępstwa płatnego nabycia i zbycia narządów wewnętrznych uczestniczą pośrednicy i przede wszystkim zespoły transplantacyjne dokonujące przeszczepiania narządów wewnętrznych. Procedura eksplantacji i następnie implantacji narządu wewnętrznego niesie za sobą obostrzenia, konieczne do spełnienia w celu zachowania możliwe jak najwyższego stopnia bezpieczeństwa przeprowadzanego zabiegu oraz zasad niezbędnych do tego, aby przeszczep został przyjęty[34]. Wskazać można zatem, że aby dokonać wszczepienia narządu wewnętrznego, przestępstwa dokonuje również lekarz[35], uczestniczący w tego typu zabiegach leczniczych poza specjalnie przygotowanymi i wykwalifikowanymi w tym celu ośrodkami.

Wnioskować można zatem, że aby doszło do popełniania przestępstwa handlu narządami ludzkimi w myśl polskich przepisów karnych musi zaistnieć szereg przesłanek świadczących o jego popełnieniu. Odpowiedzialność karna osób uczestniczących w handlu narządami ludzkimi uregulowana została w wyżej wskazanej ustawie, na mocy przepisów karnych z art. 43 – 46b.

Pierwszym z przepisów karnych wskazanych w ustawie transplantacyjnej jest regulacja art. 43 ustawy: *Kto rozpowszechnia ogłoszenie o odpłatnym zbyciu, nabyciu lub o pośredniczeniu w odpłatnym zbyciu lub nabyciu komórki, tkanki lub narządu, podlega grzywnie, karze ograniczenia wolności albo pozbawienia wolności do roku*.

Analizując treść wskazanego artykułu należy zauważyć, że każdy, kto oferuje w celu płatnego zbycia, czy też nabycia narząd, tkankę lub komórkę, a dodatkowo staje się osobą pośredniczącą w takim procederze może zostać pociągnięty do odpowiedzialności karnej. Przez rozpowszechnianie ogłoszeń należy rozumieć anonse (w formie pisemnej, ustnej) wskazujące bezpośrednio na chęć sprzedaży lub kupna narządów wewnętrznego, zamieszczone w środkach masowego przekazu, w tym w prasie, czy przede wszystkim na stronach internetowych. Społeczna szkodliwość takiego występku jest niewielka, stąd ustawodawca za jego popełnienie

[31] Wskazany zakres reguluje chociażby Konstytucja RP, Ustawa o zawodzie lekarza, Kodeks Etyki Lekarskiej, Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 26 stycznia 2023 r. w sprawie komisji bioetycznej oraz Odwoławczej Komisji Bioetycznej (Dz. U. z 2023 r. poz. 218), czy Konwencja *o Ochronie Człowieka i Godności Ludzkiej wobec zastosowań biologii i medycyny*.

[32] Z. Gądzik, *Prawnokarne aspekty transplantacji ksenogenicznych,* Forum Prawnicze, Fundacja „Utriusque Iuris" i Uniwersytet Jagielloński, 2018, s. 49-63.

[33] Ustawa z dnia 1 lipca 2005 r. *o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów*, op. cit., art. 3.

[34] E. M. Guzik – Makaruk, *Transplantacja organów, tkanek i komórek w ujęciu prawnym i kryminologicznym,* op. cit., s. 33. Można jednak założyć, że dokonać może go również osoba nie posiadająca wydanych zgodnie z przepisami kwalifikacji, ale dysponująca wiedzą i umiejętnościami niezbędnymi do przeprowadzenia zabiegu medycznego.

[35] Wskazana procedura łamać może postanowienia chociażby art. 2 Kodeksu Etyki Lekarskiej, zgodnie, z którym: „*Powołaniem lekarza jest ochrona życia i zdrowia ludzkiego, zapobieganie chorobom, leczenie chorych oraz niesienie ulgi w cierpieniu; lekarz nie może posługiwać się wiedzą i umiejętnością lekarską w działaniach sprzecznych z tym powołaniem".*

wskazuje możliwość pociągnięcia do odpowiedzialności w postaci grzywny[36], ograniczenia wolności lub pozbawienia wolności do roku.

Wskazane przestępstwo ma charakter powszechny. Przedmiot ochrony stanowi godność osoby ludzkiej, szacunek dla zwłok ludzkich, jak również integralność medycyny transplantacyjnej. Za ogłoszenie uznawane jest ogłoszenie w formie ustnej/ pisemnej niosące za sobą pewną informację. Strona podmiotowa – umyślność z zamiarem bezpośrednim.

Kolejnym przepisem karnym, pozwalającym na pociągnięcie do odpowiedzialności karnej w związku z dokonaniem przestępstwa jest przepis art. 44, w którym ustawodawca wskazuje, że :

1. *Kto, w celu uzyskania korzyści majątkowej lub osobistej, nabywa, zbywa, pośredniczy w nabyciu lub zbyciu komórki, tkanki lub narządu bądź bierze udział w pobieraniu, przeszczepianiu komórek, tkanek lub narządów, zastosowaniu u ludzi komórek lub tkanek lub udostępnianiu pobranych wbrew przepisom niniejszej ustawy komórek, tkanek lub narządów pochodzących od żywego dawcy lub ze zwłok ludzkich, podlega karze pozbawienia wolności od 6 miesięcy do 5 lat.*

Wskazany czyn traktowany jest jak występek. Mogą dokonać go zarówno osoby posiadające niezbędne kwalifikacje, ale można założyć także sytuację, w której inne osoby dopuszczają się jego popełnienia (biorca – zależy od zdefiniowania – uzyskuje korzyść w postaci narządu ratującego życie, jednak tę należy rozumieć raczej jako korzyść osobistą, a nie majątkową). Sama ustawa transplantacyjna nie definiuje pojęcia przeszczepiania – nie można jednak przeszczepić bez pobierania. Ustawodawca założył, że samo pobranie może stanowić czyn karalny, jako że jest to działanie wbrew przepisom ustawy. We wskazanym przepisie przedmiot ochrony stanowi godność osoby ludzkiej, komórki, tkanki, narządy, życie i zdrowie osoby ludzkiej, czy też zasady moralności publicznej.

Ustawodawca wskazuje na możliwość zastosowania nadzwyczajnego złagodzenia kary lub odstąpienia od jej wymierzenia, w szczególnych sytuacjach. Warunkowane będzie to jednak okolicznościami w jakich znalazł się sprawca i występowaniem związku przyczynowo – skutkowego pomiędzy jego krytycznym położeniem (lub osoby mu najbliższej), a popełnionym czynem[37].

Ustawodawca wskazał również na typ kwalifikowany analizowanego czynu zabronionego, który powstaje w sytuacji ciągłego, nieprzerwanego uzyskiwania dochodu z handlu komórkami, tkankami i narządami.[38]

Pobieranie narządów wewnętrznych od osób zmarłych nie niesie za sobą konsekwencji dla ich zdrowia i życia[39], co wynika z samej definicji osoby zmarłej, jednak w przypadku przymuszenia osoby żywej do oddania narządu wbrew jej woli lub pomocnictwo osobom chcącym zbyć swoje narządy w celu uzyskania środków finansowych, nosi znamiona przestępstwa i tym samym wymiar kary wobec pośrednika może również ulec podwyższeniu.

Ustawodawca wyodrębnił również w ustępie 3 kwestię związaną z formą stałą handlu narządami ludzkimi, przynoszącą określone zyski. W przypadku, kiedy do handlu narządami dochodzi w cyklu ciągłym, natomiast osoba trudniąca się w tym przypadku zbywaniem i nabywaniem narządów ludzkich celem ich przeszczepienia otrzymuje stały zysk, wówczas

[36] O. Sitarz, *Granice kryminalizacji zachowań związanych z komercjalizacją obrotu komórkami, tkankami i narządami*, Przegląd Prawa Medycznego 1/2019 (1), s. 23-24.

[37] Ustawa z dnia 1 lipca 2005 r. *o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów*, op. cit., art. 44 ust. 2.

[38] O. Sitarz, *Granice kryminalizacji zachowań związanych z komercjalizacją obrotu komórkami, tkankami i narządami*, op. cit., s. 24-25.

[39] E. M. Guzik-Makaruk, *Transplantacja narządów, tkanek i komórek. Wybrane aspekty kryminologiczne i prawnokarne*, Białystok 2016, s. 171-173.

kara, w zależności od szkodliwości czynu oraz zakresu działania sprawcy, ulega zaostrzeniu. Ustawa wyraźnie wskazuje, że za popełnienie czynu zabronionego, jaki stanowi handel narządami ludzkimi, jego sprawca może otrzymać karę od roku do 10 lat pozbawienia wolności[40].

Każda forma nielegalnego nabywania lub zbywania narządów powinna być karana, natomiast wszelkie ogłoszenia znajdujące się w Internecie, czy też w innych środkach masowego przekazu w zakresie zbywania narządów do przeszczepów winny być weryfikowane, a ich autorzy pociągani do odpowiedzialności karnej[41].

Analizując treść wskazanych powyżej przepisów należy wskazać na istniejący zakaz komercjalizacji ludzkiego ciała. Przedmiotem ochrony jest integralność medycyny transplantacyjnej – uniknięcie niebezpieczeństwa komercjalizacji rynku narządów, nadużyć w polu alokacji, czy też decyzji w zakresie tego, do kogo narząd do przeszczepu ma trafić. Można rozpatrywać sytuację, w której narząd do przeszczepu i jego dostępność uzależniona byłaby od ewentualnego statusu materialnego biorcy, a nie zawsze wskazań terapeutycznych – co wskazywałoby na możliwość wystąpienia nadużyć w analizowanym zakresie.

W Polsce jak na razie brakuje świadomości zagrożenia, jakie stanowi handel ludzkimi narządami. Należy zauważyć, że człowiek urodził się „bez części zamiennych", a w celu przedłużenia życia podejmie każdy krok, aby móc dłużej egzystować. Przestępstwo to stanowi czyn przeciwko człowiekowi, jego egzystencjalizmowi, dlatego też prawo karne winno wskazać możliwe drogi rozwiązania problemu i zminimalizowania skutków jego występowania.

Art. 45 *Kto, bez wymaganego pozwolenia, prowadzi działalność przewidzianą przepisami ustawy dla banku tkanek i komórek, podlega grzywnie, karze ograniczenia wolności albo pozbawienia wolności do roku.*

Następnym przepisem prawnym, w zakresie analizy handlu narządami ludzkimi, jest regulacja art. 45, zgodnie z którym banki tkanek i komórek mają możliwość działania jedynie w zakresie obowiązujących przepisów prawnych. Wszelkie odstępstwa wynikające z działań podejmowanych w sposób nielegalny podlegają odpowiedzialności karnej. W Polsce kwestia dokonywania przeszczepów i dysponowania narządami, tkankami i komórkami została uregulowana w odrębnym rozporządzeniu[42].

Ze wskazania ustawy transplantacyjnej wynika, że podmiotami odpowiedzialnymi za gromadzenie, przetwarzanie, sterylizację, przechowywanie i dystrybucję komórek, tkanek i narządów, które przeznaczone są w celu ich przeszczepiania, odpowiedzialne są banki komórek i tkanek. Pod względem odpowiedzialności podlegają one Ministrowi właściwemu do spraw Zdrowia w zakresie ich funkcjonowania, jednak odrębnie ma wobec nich zastosowanie wskazane rozporządzenie, zgodnie z którym podlegają pełnej kontroli w zakresie prowadzenia prawnie poprawnej działalności, pozwalającej na dokonywanie przeszczepień.

Artykułem dotyczącym karnego sankcjonowania zjawiska handlu narządami ludzkimi, jest również regulacja art. 46, zgodnie z którą w przypadku niezgodnego z prawem pobierania komórki, tkanki lub narządu w celu ich przeszczepienia, lub dokonywania zabiegu

[40] Ustawa z dnia 1 lipca 2005 r. *o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów*, op. cit., art. 44 ust. 3.

[41] Z. Lasocik, *Analiza spraw karnych,* [w:] Z. Lasocik, E. Rekosz, *Handel narządami. Spory wokół interpretacji przepisów karnych ustawy transplantacyjnej,* Wydawnictwo Ośrodka Badań Handlu Ludźmi Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2011, s. 43-52.

[42] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 października 2018 r. *w sprawie trybu przeprowadzania kontroli w podmiotach wykonujących czynności związane z pobieraniem, przechowywaniem i przeszczepianiem komórek, tkanek i narządów* (Dz. U. z 2021 r. poz. 1225).

przeszczepiania istnieje możliwość pociągnięcia sprawcy takiego czynu do odpowiedzialności karnej[43].

Należy zauważyć, że jej zakres został w stosunku do regulacji prawnej obowiązującej wcześniej znacznie zwiększony. Obecnie w przypadku dopuszczenia się do pobrania narządów bez wymaganej zgody, zarówno w przypadku dawcy żywego, jak również dawcy zmarłego, istnieje możliwość do pociągnięcia do odpowiedzialności za taki czyn, natomiast wymiar zastosowanej kary i środków karnych zamyka się w możliwość nałożenia kary grzywny, ograniczenia wolności lub pozbawienia wolności do lat 3[44].

Wskazać należy, że aby istniała możliwość dokonania w pełni poprawnego i prawidłowego przeszczepu narządu, w pierwszej kolejności z pełną fachowością wybrany narząd powinien zostać pobrany, aby następnie istniała możliwość wszczepienia go innej osobie. Nie sposób dokonać tak trudnego medycznie zabiegu bez fachowej wiedzy i umiejętności, które posiadają jedynie specjalnie kształceni w tym kierunku lekarze transplantolodzy. Nasuwać to może jednocześnie tezę, że to właśnie lekarze tej specjalności, w przypadku dokonywania nielegalnych przeszczepów uczestniczą w procederze w sposób aktywny, ponieważ bez ich udziału nie byłoby możliwe zakończenia procesu przeszczepiania z sukcesem[45].

W przypadku przeprowadzenia zabiegu medycznego przez lekarza poza wyszczególnionymi w ustawie miejscami, tj. zakładami opieki zdrowotnej istnieje możliwość naruszenia zasad bezpieczeństwa i jakości przeszczepiania narządów, przy jednoczesnym wskazaniu możliwości narażenia pacjenta na bezpośrednie zagrożenie utraty życia lub zdrowia.

W przypadku wystąpienia wskazanej sytuacji istnieje możliwość pociągnięcia do odpowiedzialności sprawcy czynu zabronionego, jednak jedynie na wniosek pokrzywdzonego, czyli osoby, wobec której zastosowano bez wymaganego pozwolenia pobranie narządu w celu jego przeszczepienia.

Poszerzeniem aspektu handlu narządami ludzkimi wobec regulacji obowiązujących wcześniej, jest dodanie do karnych przepisów prawnych aspektu przewożenia narządów, tkanek i komórek. Zgodnie z regulacją art. 46a[46], *Do odpowiedzialności karnej pociągnięty może zostać każdy, kto bez wymaganej zgody dopuszcza się wywożenia, lub wwożenia na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej komórek, tkanek i narządów*[47].

Sytuacje takie mają miejsce, ponieważ Polska na mapie związanej z dokonywaniem przeszczepiania w sposób nielegalny stanowi państwo tranzytowe[48], czyli przewozowe, gdzie z jednej strony w sposób nielegalny dochodzi do pobrań narządów, które następnie trafiają do osób oczekujących na przeszczep poza granicami Polski, a z drugiej strony stanowi również państwo docelowe, gdzie dokonuje się nielegalnego przeszczepiania narządów, które trafiają do Polski spoza granic.

Nowym uregulowaniem prawnym w analizowanej ustawie w odniesieniu do regulacji wcześniej obowiązujących, jest wskazanie art. 46b[49], zgodnie z którym w przypadku

[43] Ustawa z dnia 1 lipca 2005 r. *o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów*, op. cit., art. 46.
[44] Z. Lasocik, *Analiza spraw karnych,* op. cit.
[45] Odniesienie do błędnego i nieprawidłowego korzystania z uprawnień przez lekarzy doszukać można się w literaturze fachowej w tym zakresie. M. Filar, S. Krześ, E. Marszłkowska – Krześ, P. Zaborowski, *Odpowiedzialność lekarzy i zakładów opieki zdrowotnej,* Wydawnictwo prawnicze LexisNexis, Warszawa 2004.
[46] Ustawa z dnia 1 lipca 2005 r. *o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów*, op. cit., art. 46a.
[47] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 października 2018 r. *w sprawie wywozu z terytorium Rzeczypospolitej Polskiej i przywozu na to terytorium ludzkich komórek, tkanek i narządów*, op. cit.
[48] K. Sawicki, *Handel ludźmi,* Wydawnictwo Wyższej Szkoły Policji w Pile, Piła 2011.
[49] Ustawa z dnia 1 lipca 2005 r. *o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów*, op. cit., art. 46b.

nie zgłoszenia potencjalnych biorców narządów albo też szpiku, komórek krwiotwórczych krwi obwodowej lub pępowinowej na krajową listę przeszczepień, albo też do rejestru przeszczepień istnieje możliwość pociągnięcia do odpowiedzialności za tego typu zaniechanie.

Po dokonaniu przeszczepu istnieje konieczność stałego monitorowania pacjenta, który poddany został zabiegowi, w celu ograniczenia możliwych działań niepożądanych, które mogą mieć wpływ na jego zdrowie i życie[50]. Jednocześnie ustawodawca wskazuje, że samo dokonanie zgłoszenia pozwala na sprawdzenie legalności dokonanego przeszczepu, a w przypadku wykrycia nieprawidłowości, do pociągnięcia do odpowiedzialności za dokonanie zabiegu w sposób nielegalny. Sam brak dokonania rejestracji karany jest karą grzywny lub ograniczenia wolności.

Podsumowując regulacje prawne zawarte w „nowej" ustawie transplantacyjnej, należy zauważyć, że stopień odpowiedzialności karnej za dokonanie przestępstw związanych z nielegalnym przeszczepianiem uregulowany został w sposób bardziej doprecyzowany aniżeli miało to miejsce w przepisach wcześniejszych. Nie mniej jednak należy zauważyć, że ustawodawca nie zdefiniował wielu pojęć związanych z postępowaniem wobec wykrycia przestępstwa handlu narządami ludzkimi.

Ustawa wskazała na problematykę nielegalnego przeszczepiania, jak również odniosła się do możliwości zwiększenia karalności za ich dokonywanie. Widoczne stało się wskazanie nowych typów przestępstw dokonywanych w zakresie przeszczepiania narządów.

Polski Kodeks karny zwiera regulacje związane z zagadnieniem handlu narządami ludzkimi w sposób pośredni w art. 189a, który reguluje karalność za dopuszczenie się handlu ludźmi. Nie sposób jednak utożsamiać handel ludźmi z handlem narządami ludzkimi, chociażby ze względu na stopień społecznej szkodliwości czynu oraz zakresu udręczenia osoby, która stała się ofiarą tej formy handlu ludźmi[51].

W przypadku występowania handlu ludźmi w formie zjawiskowej dotyczącej handlu jako transakcji „całym" człowiekiem, może dojść do trwałego uszkodzenia organizmu ludzkiego w skutek zadanych ran fizycznych, jednak większe piętno odciśnięte zostaje na psychice człowieka, który padł ofiarą analizowanego procederu. W przypadku jednak, gdy osoba zostanie poddana zabiegowi medycznemu wbrew woli, wskutek którego pozbawia się ją narządu wewnętrznego, uszczerbek na zdrowiu nie ma jedynie charakteru psychicznego, ale również fizyczny, którego w żaden sposób nie można przywrócić[52].

W aspekcie pobierania komórek, tkanek i narządów w sposób nielegalny zastosowanie mogą mieć również regulacje kodeksu karnego, art. 192, z których wynika, że w przypadku przeprowadzenia zabiegu leczniczego bez zgody pacjenta[53] osoba wykonująca zabieg może zostać pociągnięta do odpowiedzialności i podlegać tym samym karze grzywny, ograniczenia lub pozbawienia wolności do lat 2.

Regulacja ta dotyczyć może sytuacji, kiedy w sposób nielegalny zostało dokonane pobranie lub przeszczepienie narządu ludzkiego. Przykładami takiej czynności może być pobranie narządu od dawcy żywego bez jego uprzedniej zgody bądź przymuszenie dawcy do oddania narządu, jednak w takim przypadku dodatkowo zastosowanie będą miały przepisy odnoszące się merytorycznie do wystąpienia groźby karalnej[54].

Należy podkreślić, że ustawa transplantacyjna stanowi na gruncie prawa polskiego jedyne źródło wiedzy związanej z przestępstwem handlu narządami ludzkimi. Przepisy kodeksu

[50] B. Rutkowski, P. Kaliciński, Z. Śledziński, M. Wujtewicz, A. Milecka, *Wytyczne dotyczące zasad zgłaszania, kwalifikacji i przygotowania zmarłych dawców do pobrania narządów,* Wydawnictwo Via Medica, Gdańsk 2009.
[51] W przypadku bowiem handlu ludźmi dochodzi do handlu całym człowiekiem, w przypadku zaś handlu narządami ludzkimi, człowiek potraktowany zostaje jako swoisty rezerwuar części zamiennych, które posłużyć mogą odpłatnie dla osób potrzebujących przeszczepów.
[52] B. Hołyst, *Kryminologia*, op. cit., s. 585.
[53] M. Świderska, *Zgoda pacjenta na zabieg medyczny,* Wydawnictwo TNOiK, Toruń 2007, s. 17-18,
[54] Wskazany zakresy uregulowany został w art. 190 Kodeksu Karnego.

karnego odsyłają do regulacji szczegółowych, których w prawodawstwie polskim praktycznie brak. W celu zwiększenia możliwości monitorowania zakresu terytorialnego oraz populacyjnego występowania zjawiska handlu narządami ludzkimi należałoby stworzyć przepis karny lub ustawę wskazującą w sposób konkretny zakres zjawiska handlu narządami ludzkimi, jego przyczyny i możliwe zasady radzenia sobie z problemem na gruncie prawa polskiego.

BIBLIOGRAFIA

AKTY PRAWNE

1. Konwencja o Ochronie Człowieka i Godności Ludzkiej wobec zastosowań biologii i medycyny.
2. Ustawa z dnia 26 października 1995 r. o pobieraniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów (Dz. U. 1995, nr 88, poz. 554 z późn. zm.).
3. Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. Kodeks karny (t. j. Dz. U. z 2024 r. poz. 17 z późn. zm.)
4. Ustawa z dnia 1 lipca 2005 r. o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów (t. j. Dz. U. 2023 poz. 1185 z późn. zm.).
5. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 października 2018 r. w sprawie trybu przeprowadzania kontroli w podmiotach wykonujących czynności związane z pobieraniem, przechowywaniem i przeszczepianiem komórek, tkanek i narządów (Dz. U. z 2021 r. poz. 1225).
6. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 26 stycznia 2023 r. w sprawie komisji bioetycznej oraz Odwoławczej Komisji Bioetycznej (Dz. U. z 2023 r. poz. 218).
7. Wytyczne Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej w sprawie dokonywania zabiegu przeszczepiania nerek (Dz. Urz. MZiOS 1975, Nr 21, poz. 79.).

PUBLIKACJE KSIĄŻKOWE

1. Ambagtsheer F. (2017), Organ trade, Financial support by Erasmus University Rotterdam, the Dutch Transplant Society, Astellas Pharma bv, the Dutch Kidney Foundation, Fresenius Medical Care Nederland bv, ZonMw and Chiesi Pharmaceutical.
2. Caplan A., Dominguez-Gil B., Matesanz R., Prior C. (2009), Trafficking in organs, tissues and cells and trafficking in human beings for the purpose of the removal of organs, Directorate General of Human Rights and Legal Affairs Council of Europe.
3. de Jong J. (2017), Human trafficking for the purpose of organ removal.
4. Filar M., Krześ S., Marszłkowska – Krześ E., Zaborowski P. (2004), Odpowiedzialność lekarzy i zakładów opieki zdrowotnej, Wydawnictwo prawnicze LexisNexis.
5. Guzik – Makaruk E. M. (2008), Transplantacja organów, tkanek i komórek w ujęciu prawnym i kryminologicznym, Wydawnictwo Temida.
6. Guzik-Makaruk E. M. (2016), Transplantacja narządów, tkanek i komórek. Wybrane aspekty kryminologiczne i prawnokarne, Białystok 2016.
7. Haberko J., Uhrynowska – Tyszkiewicz I. (2014), Ustawa o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów. Komentarz., Wydawnictwo Wolters Kluwer Business.
8. Hołyst B. (2022), Kryminologia, Wydawnictwo Wolters Kluwer.
9. Joint Council of Europe/United Nations Study on trafficking in organs, tissues and cells and trafficking in human beings for the purpose of the removal of organs.
10. Kielanowski T. [red.] (1985), Etyka i deontologia lekarska, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich,

11. Lasocik Z., Rekosz E. (2011), Handel narządami. Spory wokół interpretacji przepisów karnych ustawy transplantacyjnej, Ośrodek Badań Handlu Ludźmi Uniwersytetu Warszawskiego.
12. Sawicki K. (2011), Handel ludźmi, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Policji w Pile.
13. Świderska M.(2007), Zgoda pacjenta na zabieg medyczny, Wydawnictwo TNOiK.

ARTYKUŁY NAUKOWE

1. Breczko A. (2015), Komercjalizacja ludzkiej prokreacji – problemy etyczne i prawne, [w:] A. Piszcz, M. Olszak, M. Etel (red.) Państwo, gospodarka, prawo. Księga dedykowana Profesorowi Cezaremu Kosikowskiemu z okazji jubileuszu pracy naukowej na Wydziale Prawa Uniwersytetu w Białymstoku.
2. Gałuszka M. (2015), Komercjalizacja ciała ludzkiego w społeczeństwie ryzyka biomedycznego, Acta Universitati Lodziensis, Folia Sociologica 55.
3. Gądzik Z.(2018), Prawnokarne aspekty transplantacji ksenogenicznych, Forum Prawnicze, Fundacja „Utriusque Iuris" i Uniwersytet Jagielloński.
4. Lasocik Z. (2011), Analiza spraw karnych, [w:] Z. Lasocik, E. Rekosz, Handel narządami. Spory wokół interpretacji przepisów karnych ustawy transplantacyjnej, Wydawnictwo Ośrodka Badań Handlu Ludźmi Uniwersytetu Warszawskiego.
5. Michalska W., Jandy W., Sadaj – Owczarek K. (2023), Zgoda czy brak sprzeciwu. Wiedza na temat oświadczenia woli i obowiązujących przepisów prawnych w zakresie przeszczepiania narządów w Polsce, Zeszyty Naukowe Collegium Witelona nr 46(1) / 2023.
6. Nowak P.G. (2018), Pobieranie narządów po zatrzymaniu krążenia. O nadrzędności neurologicznego kryterium śmierci nad krążeniowym- kwestie regulacyjne., Analiza i Egzystencja.
7. Nowak P.G.(2015), Ocena moralna transplantacji ex vivo i handlu ludzkimi organami w świetle etyki Kanta, Diametros – an online journal of philosophy, nr 46/2015, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
8. Rutkowski B., Kaliciński P., Śledziński Z., Wujtewicz M., Milecka A. (2009), Wytyczne dotyczące zasad zgłaszania, kwalifikacji i przygotowania zmarłych dawców do pobrania narządów, Wydawnictwo Via Medica.
9. Safian D. (1993), Podstawy prawne przeszczepiania narządów w Polsce [w:] W. Rowiński [red.] Zarys chirurgii transplantacyjnej, Wydawnictwo Akademii Medycznej, Warszawa 1993, s. 27.
10. Sieradzka A. (2018), Tajemnice transplantacji, Wydawnictwo Naukowe PWN.
11. Sitarz O. (2011), Kryminalizacja odpłatnych czynności związanych z transplantacją, [w:] Z. Lasocik, E. Rekosz, Handel narządami. Spory wokół interpretacji przepisów karnych ustawy transplantacyjnej, Wydawnictwo Ośrodka Badań Handlu Ludźmi Uniwersytetu Warszawskiego.
12. Sitarz O. (2019), Granice kryminalizacji zachowań związanych z komercjalizacją obrotu komórkami, tkankami i narządami, Przegląd Prawa Medycznego 1/2019 (1).
13. Stec T. (2017), Handel organami, problem nadal aktualny, Tarnowskie Studia Teologiczne, nr 36/2017.
14. Surma S., Adamczak M. (2019), *Ksenotransplantacja nerki,* Wydawnictwo Via Medica, tom 12, nr 2.
15. Ślęczek - Czakon D. (2018), Czy transplantacje są przejawem zmian w moralności? Wątpliwości bioetyków, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Organizacja i zarządzanie z. 123, Wydawnictwo Naukowe Politechniki Śląskiej.

16. Wiater J. (2018), Czy dzięki metodom inżynierii genetycznej ksenotransplantacja stanie się faktem? Transgeniczne świnie jako potencjalni dawcy narządów dla człowieka, Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych, Tom 67 Nr 3.

APPLICATION OF CHEMICAL RECYCLING PRODUCT TO OBTAIN THERMAL INSULATING POLYURETHANE MATERIALS

Paciorek-Sadowska J., Borowicz M., Isbrandt M.
Department of Chemistry and Technology of Polyurethanes, Institute of Materials Engineering, Kazimierz Wielki University, Bydgoszcz, Poland

Abstract. An important aspect of scientific research is caring for the natural environment in such a way as to ensure its sustainable development through more efficient use of resources and the use of clean, environmentally friendly technologies. Manufacturers also focus their production not only on the use of environmentally friendly substances, but also on the addition of raw materials from renewable sources, e.g. bio-fillers or recycled materials (eco-polyols, waste fillers). These activities are aimed primarily at reducing the consumption of fossil raw materials and reducing the degradation of the natural environment.
The research carried out concerns the use of the product of polylactide (PLA) glycerolysis reaction as an alternative polyol raw material in a polyurethane formulation and the preparation of thermal insulating polyurethane materials in the form of rigid polyurethane/polyisocyanurate foams (SPPUR/PIR). This solution is also a method of processing post-production and post-consumer waste from polylactide. Both from the economic point of view and from the point of view of environmental protection, extending the "life cycle" of PLA is extremely important because it allows for the maximum use of this material while limiting economic losses resulting from its disposal using the biodegradation method.
A comprehensive characterization of the physico-chemical properties of the obtained eco-polyols was carried out in terms of their use as raw materials for the synthesis of polyurethane materials, as well as detailed spectroscopic tests. The results of these tests confirmed the assumed chemical structure of the new polyols. Based on obtained analytical results, new formulation of SPPUR/PIR foams were prepared. The physical-mechanical, fire, smoke-emission and aging properties of the obtained new (bio)polyurethane composites were tested. They included the determination of such parameters as: apparent density, compressive strength, brittleness, water absorption, absorbability, aging resistance, thermal conductivity coefficient and flammability.
A significant impact of new eco-polyols on the functional properties of foams modified with eco-polyol was found. The obtained foams are characterized by, among others: higher apparent density, absorbability and water absorption, lower brittleness and flammability, and a comparable value of the thermal conductivity coefficient with polyurethane materials used in thermal insulation. The analysis of the test results allowed us to conclude that SPPUR/PIR foams based on PLA eco-polyols can be an alternative to conventional foams used, among others, in civil engineering to a slightly limited extent due to greater sensitivity to a humid environment.
„This work was co-financed by the Polish Minister of Science under the program “Regional Initiative of Excellence (RID/SP/0048/2024/01)”
Keywords: Thermal insulation materials, polyurethane foams, polyol raw materials, eco-polyols.

Introduction

The basic factors influencing the development and production of new materials are quality requirements, customer expectations and needs, the price of raw materials, production organization and possible technological problems. The application possibilities of polyurethane materials are related to their physico-mechanical properties and flammability. Important factors determining the development of PUR materials are research on the elimination of compounds that pose a threat to life and the natural environment from their production process. A particularly dynamic development of this group of materials has been clearly visible in the last dozen or so years, both in Poland and worldwide, in which a long-term upward trend in demand for polyurethane products is forecast [1].

Polyurethane is a material with unlimited possibilities, which is an alternative to many construction materials. It represents one of the most universal, modern and safe groups of

plastics. Their versatile properties, which can be modified in a very wide range, undoubtedly contribute to the constant "fashion for polyurethanes". By changing the selection of raw materials in the formulation, their volume ratio and developing optimal processing conditions, it is possible to obtain polyurethane plastics with very diverse characteristics, suitable for use in various market segments. They are used in many applications as construction and industrial products, from porous open- and closed-cell products through rubbers, varnishes, adhesives, fibers, to solid elastomers.

Due to the decreasing resources of fossil raw materials, as well as due to their impact on the environment, alternative and environmentally friendly renewable or recycled raw materials are being sought that can be used for the production of polyurethanes.

The use of a non-renewable raw material such as crude oil in industry on a global scale may, in the long term, lead to an economic and ecological crisis. The idea of limiting the use of global petrochemical resources causes an increase in interest in introducing new technologies for producing polymers from renewable sources, which would also be economically profitable. Due to the increasing limitation of resources and access to these raw materials, their prices fluctuate significantly and buyers must take into account increasingly higher production costs. Among polyurethane materials, next to flexible foams, rigid foams are very popular. Their functional properties, including their closed-cell structure, allow them to be used in a number of industries, including: in civil engineering, automotive and packaging industries. Among the currently available polymer materials, rigid polyurethane foams are characterized by the best thermal insulation properties. The value of the thermal conductivity coefficient of these foams ranges from 0.018 to 0.025 W/(m·K) and is much lower compared to the values of this parameter for other known thermal insulation materials - polystyrene and mineral wool [2].

The research carried out concerns the use of the polylactide (PLA) glycerolysis reaction product as an alternative polyol raw material in a polyurethane formulation and the preparation of polyurethane thermal insulation materials in the form of rigid polyurethane/polyisocyanurate foams (SPPUR/PIR). This solution is also a method of processing post-production and post-consumer polylactide waste. Both from the economic point of view and from the point of view of environmental protection, extending the "life cycle" of PLA is extremely important because it allows for the maximum use of this material while limiting economic losses resulting from its disposal using the biodegradation method [3].

EXPERIMENTAL PART

Materials

The polyether polyol Rokopol RF-551 - a product of sorbitol oxyalkylation with L_{OH} = 420 mg KOH/g (PCC Rokita S.A., Poland) and Purocyn B - a technical polyisocyanate (Purinova Ltd., Poland) were used to obtain SPPUR/PIR. The polyether and polyisocyanate met the requirements of the following standards: ASTM D 2849-69 and ASTM D 1638–70. The eco-polyol used was the product of glycerolysis of polylactide (produced by the Department of Polyurethane Chemistry and Technology, UKW Bydgoszcz) with L_{OH} = 434 mg KOH/g.

The catalytic system in the process of obtaining rigid PUR/PIR foams were anhydrous potassium acetate (Chempur, Poland) used in the form of a 33% solution in diethylene glycol (Chempur, Poland) and DABCO (1,4-diazabicyclo[2,2,2]octane, Alfa Aesar, USA) used also as a 33% solution in diethylene glycol. A poly(siloxaneoxyalkylene) surfactant was used as a foam structure stabilizer - Tegostab B8460 - (Evonik, Germany). The blowing agent was carbon dioxide produced as a result of the reaction of water with the polyisocyanate used. Flame retardant was Antiblaze TCPP (tri[2-chloro-1-methylethyl phosphate, Albemarle, Great Britain).

The polyurethane/polyisocyanurate foams for testing were obtained on a laboratory scale in a one-step method, from a two-component system (A and B) in a chemical equivalents ratio of –NCO to –OH groups of 3:1. The calculated amount of isocyanate raw material was increased by the mass of isocyanate necessary to reaction with water, resulting in the production of blowing agent (CO2). Component A was obtained by thoroughly mixing (1800 rpm, 10 s) appropriate amounts of polyol, eco-polyol, catalysts, surfactant, flame retardant and distilled water. Component B was Purocyn B. Components A and B were mixed (1800 rpm, 10 s) in the appropriate mass ratio and poured into a metal cuboidal mold, where the foam rise freely. The obtained foams were thermostated for 4 h at 120 ^{o}C after removal from the mold. Six foams were obtained: one reference foam (Ref. symbol), which contained only commercial polyol and five foams modified with eco-polyol (from OGL400.1 to OGL 400.5). The eco-polyol content increased by 0.1 equivalent of hydroxyl groups while decreasing the amount of petrochemical polyol.

The developed formulations of the obtained SPPUR/PIR are presented in Table 1.

Table 1. Formulations of the tested rigid polyurethane/polyisocyanurate foams

Foam Symbol	Rokopol RF-551 (g)	Ecopolyol OGL400 (g)	Tegostab 8460 (g)	33% DABCO (g)	33% Potassium Acetate (g)	Antiblaze TCPP (g)	Distilled Water (g)	Purocyn B (g)
Ref.	66,79	0,00	5,40	3,17	7,93	53,96	3,17	250,60
OGL 400.1	60,11	6,46	5,39	3,17	7,93	53,92	3,16	250,60
OGL 400.2	53,43	12,92	5,39	3,17	7,92	53,88	3,15	250,60
OGL 400.3	46,75	19,37	5,38	3,17	7,92	53,84	3,13	250,60
OGL 400.4	40,07	25,83	5,38	3,17	7,91	53,81	3,12	250,60
OGL 400.5	33,39	32,29	5,38	3,16	7,91	53,77	3,11	250,60

Foaming process

Processing times were measured using an electronic stopwatch during the synthesis of SPPUR/PIR foams. In this way, processing times such as: cream time, string gel time, tack free time and free rise time were determined. The results of the processing times of SPPUR/PIR foams are presented in Table 2.

Table 2. Processing times of the obtained rigid polyurethane/polyisocyanurate foams

Foam symbol	**Cream time (s)**	**String gel time (s)**	**Tack free time (s)**	**Free rise time (s)**
Ref.	7	15	16	27
OGL 400.1	8	19	20	30
OGL 400.2	8	19	20	30
OGL 400.3	8	19	20	30
OGL 400.4	8	19	20	30
OGL 400.5	8	19	20	30

An extension of the technological times of modified SPPUR/PIR foams was noted after using OGL 400 eco-polyol. The use of eco-polyol in the formulation increased the value of these parameters. However, its quantity does not matter. The cream time was extended by 1 s, and the remaining times by 4 s (string gel time and tack free time) and 3 s (free rise time). This phenomenon is caused by the higher viscosity of OGL400 eco-polyol in comparison with the viscosity of Rokopol RF-551 polyol. The higher viscosity value of eco-polyol also results in its slightly lower reactivity. However, equal technological times for foams containing eco-polyol result from the optimal selection of the catalytic system, in particular the organometallic catalyst, which accelerates the trimerization reaction of NCO groups to the isocyanurate ring. Very often, organometallic catalysts also influence the reaction of OH with NCO groups. Moreover, the trimerization reaction also releases additional heat, which supports the activity of the amine catalyst.

Selected functional properties of the obtained rigid polyurethane/polyisocyanurate foams

The type of polyol raw materials used plays a significant role in shaping the mechanical properties of SPPUR/PIR. One of the most important parameters of foamed polyurethane materials is their apparent density. It influences, among others, the mechanical strength of the obtained foams. The dependence of the apparent density and compressive strength of SPPUR/PIR on the content of eco-polyols is shown in Figure 1.

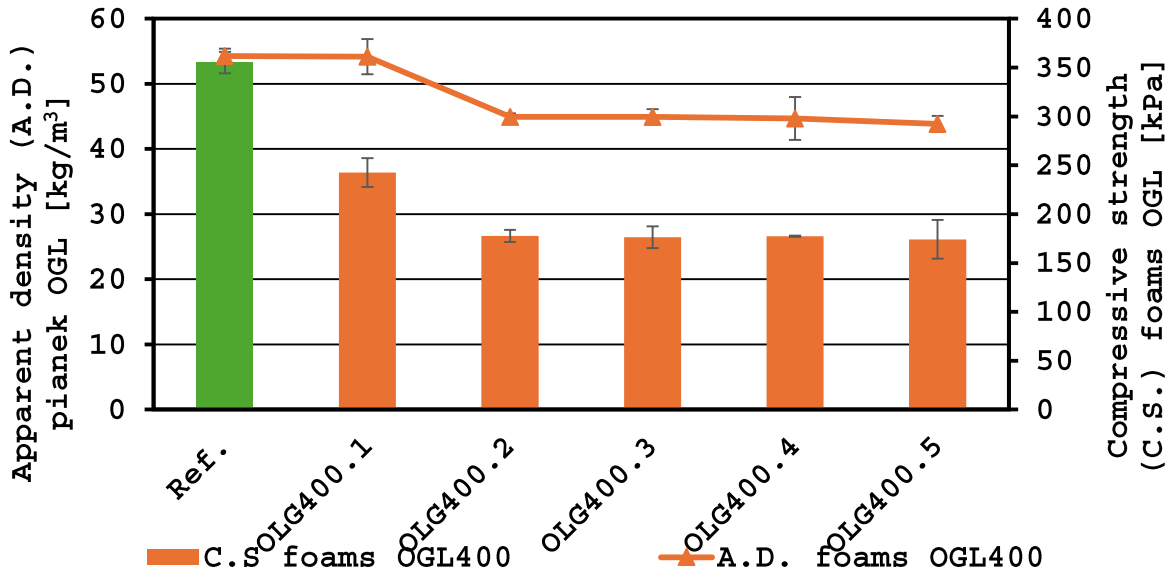


Fig. 1. Dependence of compressive strength and apparent density on the content of eco-polyols of the obtained SPPUR/PIR foams

The increase in the content of eco-polyol OGL 400 resulted in a decrease in both parameters from 54.27 kg/m^3 and 355.21 kPa for the Ref. foam to 54.17 kg/m^3 and 242 kPa for the OGL 400.1 foam and 43.84 kg/m^3 and 174.25 kPa for the OGL 400.5 foam. The main reason for this dependence was the decrease in the degree of cross-linking of polyurethane caused by the low value of the hydroxyl number and functionality of eco-polyol. The decrease in the mechanical properties of polyurethane foams may also be caused by the plasticization of the PUR matrix caused by the blowing agents dissolving in it. Among the new generation blowing agents, saturated hydrocarbons are characterized by the lowest solubility in the PUR matrix. The resistance of foams to plasticization depends on the type of foaming agent used. Also, the

linear structure of raw materials based on PLA waste increased the elasticity of the polyurethane matrix, while reducing its mechanical strength.

An important parameter of rigid foams is resistance to mechanical impacts. This parameter best describes the brittleness of the material. The dependence of the brittleness of SPPUR/PIR foams on the content of eco-polyols is shown in Figure 2.

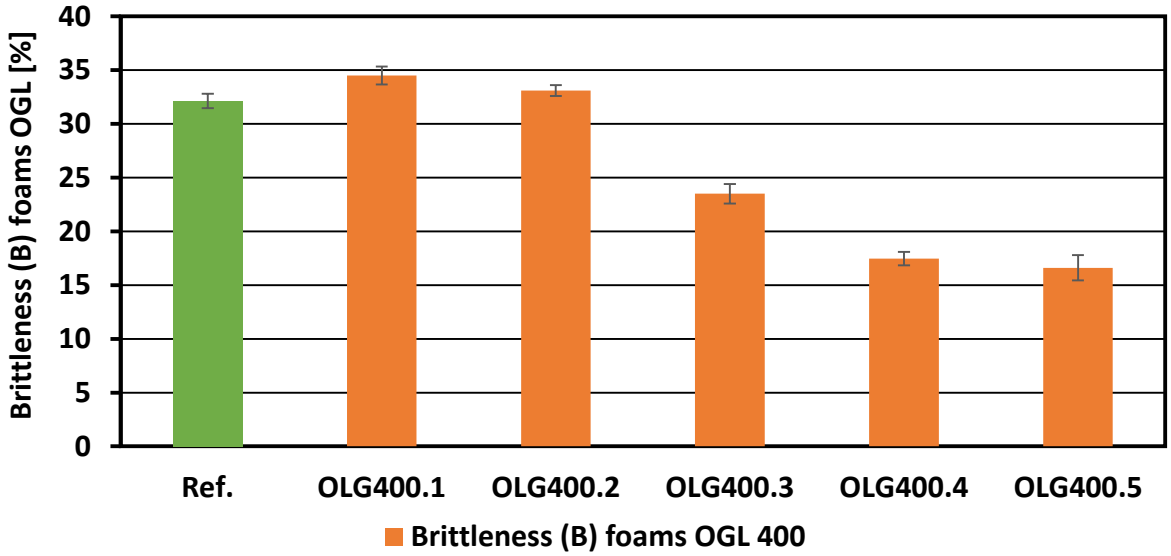


Fig. 2. Brittleness of the obtained PUR/PIR foams

The new eco-polyol had a significant impact on the brittleness of the obtained foams. The increase in the share of eco-polyol in foams from 0.1 to 0.5 R resulted in a significant reduction in this parameter in comparison with the reference foam, from 32.13% for the Ref. foam to 16.61% for the OGL 400.5 foam. As the content of eco-polyols in the formulation increased, the number of flexible segments in the polyurethane structure increased. This resulted in a decrease in its stiffness. Typically, polyester-based polyols have more flexible segments than polyether-based polyols. This is due to their specific chemical structure. Therefore, the addition of linear polyester polyol instead of petrochemical polyether helps to reduce the stiffness of the obtained materials.

Good thermal insulation properties are the basic feature that SPPUR/PIR must have. Therefore, low thermal conductivity and closed-cell structure are one of the most important properties. The SPPUR/PIR foams with eco-polyols obtained as part of this research were foamed with a chemical blowing agent, which is contained in the closed cells of the final products. The walls of SPPUR/PIR cells are permeable to gases, in particular to carbon dioxide, the molecule of which is small and easily diffuses outside the foam. At the same time, the insulating properties of the foams change during their use with the change in the composition of the gas mixture in the cells and the diffusion of air into them. One of the most important properties of rigid polyurethane foams for thermal insulation applications is the value of the thermal conductivity coefficient λ. This parameter depends on the content of closed cells in the finished foam and the used foaming method. The dependence between the thermal conductivity coefficient and the content of closed cells is shown in Figure 3.

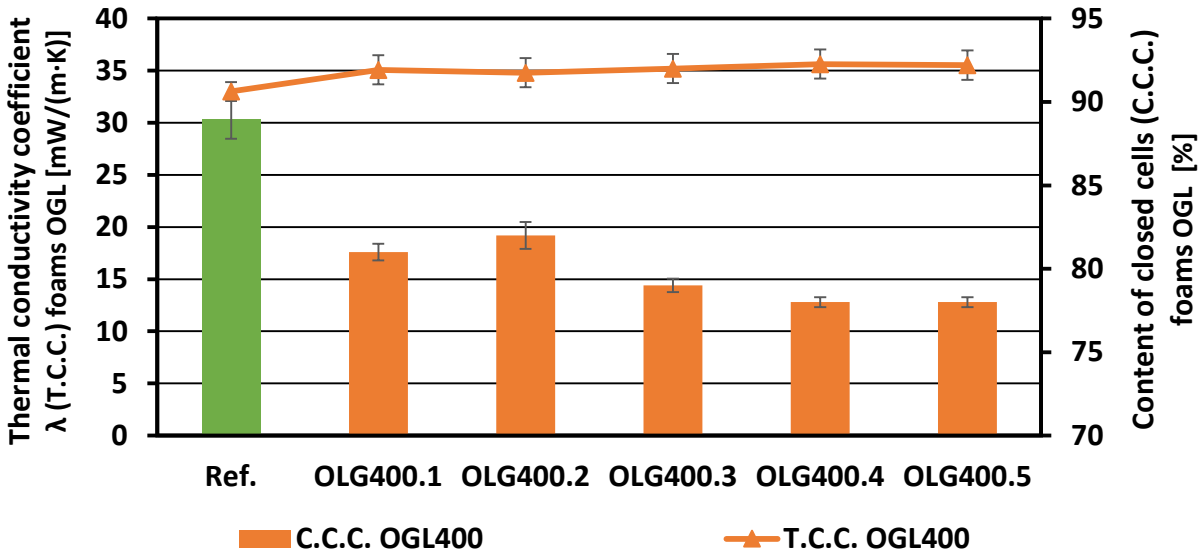


Fig. 3. Dependence of the content of closed cells and the thermal conductivity coefficient on the content of eco-polyols based on waste PLA.

The thermal conductivity coefficient of the reference foam based on petrochemical polyol was 0.033 W/(m·K), while the closed cell content was 89%. The increase in the content of eco-polyols based on PLA waste resulted in a change in these parameters in SPPUR/PIR. The λ value for all foams modified with OGL 400 polyols was approximately 0.035 W/(m·K), which is a consequence of reducing the closed cell content of these foams to approximately 80%. The increase in the λ value is caused by the release of the blowing agent enclosed inside the foam cells. This means that a decrease in the content of closed cells reduces the thermal conductivity of the material.

Conclusion

New eco-polyols synthesized by glycerolysis of polylactide were used to synthesize rigid polyurethane/polyisocyanurate foams. The amount of new compounds in the obtained materials was increased from 0 to 0.5 chemical equivalents of hydroxyl groups, replacing petrochemical polyol. The obtained foams were tested, among others: physico-mechanical properties and thermal insulation properties. Based on the obtained test results, it was concluded that eco-polyols can be an ecological alternative to petrochemical raw materials used in the polyurethane industry. Due to their origin, method of production and properties, eco-polyols and foams obtained with their use perfectly represent a sustainable model of the circular economy and allow for the efficient use of existing resources.

„This work was co-financed by the Polish Minister of Science under the program "Regional Initiative of Excellence (RID/SP/0048/2024/01)"

Bibliography

1. Ye Yanping. 2018. The development of polyurethaneeference., Materials Science.
2. Kaur, R.; Singh, P.; Tanwar, S.; Varshney, G.; Yadav, S. 2022. Assessment of Bio-Based Polyurethanes: Perspective on Applications and Bio-Degradation. Macromol.
3. Paciorek-Sadowska, J.; Borowicz, M.; Chmiel, E.; Lubczak, J. 2021. Use of a Mixture of Polyols Based on Metasilicic Acid and Recycled PLA for Synthesis of Rigid Polyurethane Foams Susceptible to Biodegradation. Int. J. Mol. Sci.

PROBLEMS OF COMPUTER ETHICS IN THE INFORMATION SOCIETY

Panasiuk O.
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

Abstract. Modern society, in which a significant part of communication has moved to cyberspace, is regulated by a special type of ethics, which is called information, computer, information society ethics, designed to ensure the rights and freedoms of citizens not only in the real, but also in the virtual sphere of activity. At the same time, the ethical codes of the information society, like the information society itself, are still in a state of formation, virtual interaction is carried out in many ways outside of generally accepted ethics or has its own specifics and rules.
Ethics and etiquette of the information world are in the stage of development. There are processes of regulation of the ethics of the information society from official institutions (and here the leading role of the UN and UNESCO should be recognized), as well as self-organization projects - the creation of ethical norms within virtual communities.
Virtual interaction does not change people's ideas about moral values, but due to its simulation, game nature and reduced social control, it contributes to their weakening and transformation into anachronisms.
Rigid regulation of virtual content and subjecting it to the proposed codes will inevitably give rise to the desire to escape from the rules, so the development of censorship will not solve this problem. More effective is the system of development of civil rights and legislation in the field of information, as well as upbringing and education of the culture of life in the information world, which contributes to the socialization of the individual and its adaptation to new technological conditions.
Keywords: computer, cyberspace, information, computer ethics

Introduction

Computers play an important role in modern society. Cyberspace is a place where you can earn money to enjoy life, perform duties, and also gain knowledge. Modern technologies becoming an important part of human life inevitably leads to the emergence of new social problems in connection with the use of information and computer technologies. The impact of these technologies on society has been growing dramatically recently. As a result, the ethical use of computers and information technology (IT) has also become a subject of research.

Despite the fact that the study of computer ethics began relatively recently, it has already become an interdisciplinary study, since IT specialists, engineers, teachers, psychologists, philosophers, and even the simplest users of computer technologies are covered by this problem today. Moor J.H. [1] at the end of the 80s of the 20th century defined the field of research in this field, stating that it is mainly two directions: the problem of the social impact of these technologies and the principles of their ethical use. Computer ethics is the field of professional ethics of IT specialists and business ethics. It expands the boundaries of traditional ethics due to the fact that it assesses the situations in which both IT specialists and ordinary users of these technologies find themselves [2]. Therefore, computer ethics is qualitatively no different from media ethics, legal ethics, and any other type of professional ethics. Nowadays, information technologies have become commonplace and are simply perceived as one of the aspects of everyday life.

Thus, scientific research on computer ethics is at the intersection of information technology (IT) and academic philosophy.

The problem of information ethics and its scientific developments

The variety of schools and approaches to the problems of ethics and morality in the 70s of the last century, when, according to the theorists of post-industrialism, humanity begins to

enter the stage of the information wave, was significant, moreover, this period coincided with postmodernism and the rejection of metaethics and normativity as such. Of course, a single code of ethics, other than the Christian one (which has its own peculiarity in the Western and Eastern versions), accepted in the globalizing society has not emerged. Ethical issues, as before, were largely connected with either the confessional or the ethno-cultural tradition. Formation of secular ethics, principles of moral behavior in countries of the "innovative" type (if you contrast them with "traditional") is not a state task and refers to a person's private life. In educational programs, the general ethics course is left out even in higher education, although in some cases it was transformed into professional ethics, which, of course, has its own, more narrowly specialized tasks. Ethics as a field of philosophical knowledge became increasingly distant and separated, and in the time of visual culture the "aesthetic" finally won over the "ethicist". The principles of moral and ethical behavior in modern media culture in modern conditions are formed, mainly, in the family and electronic environment, cinema, mass media. The education system is built in such a way that a person must independently orient himself in the world of higher and lower values and meanings, make his own choice based on various "information". In many ways, this is a manifestation of the freedom of the individual, which can develop without the social press, objectification, etc. Ethical pluralism became a kind of addition to worldview pluralism, in which scientific, religious and even mythological world pictures were combined according to the principle of "additionality". The moral dilemmas of the information society are related to certain forms of cultural crisis, and the formation of information ethics was largely designed to solve the following dilemmas: freedom and content; technological determinism and technophobia; global information space and local cultural world; informational good and informational evil; freedom and responsibility of a mass media culture worker.

In the conditions of new challenges in the Western world and in Ukraine at the end of the last century and the beginning of this century, the information society is beginning to form, as a social system in which the virtual way of life prevails over the real one. Norbert Wiener [3] and Joseph Weizenbaum [4], who compared their significance with the problems of using nuclear energy [5], identified one of the first ethical problems in the development of information and communication technologies (ICT). The theorists of post-industrialism and information waves raised ethical issues in their works, setting the intention and focus of new problems: D. Bell "The next post-industrial society. Experience of social forecasting", E. Toffler "Third wave", M. Castells "Information age: economy, society and culture", P. Drucker "Post-capitalist society", T. Stoneyer "Information wealth: profile of post-industrial economy", I. Masuda "Information society as a post-industrial society". They believe that the morality of modern society is eclectic, pluralistic, liberal and situational, the basic values of the individual are subject to revision, the social and moral are inferior to the hedonistic, congratulatory ones, the society practices the cult of consumption, pleasure, and narcissism. However, the classics of the theory of information society wrote their main works even before the creation of the global Internet network, while the modern situation turned out to be largely dependent on this global information resource.

Researchers of the late 20th and early 21st centuries focus more and more on the study of the impact of ICT, the Internet, and social networks on the development of ethics and moral norms, the formation of new challenges for a person and his way of life. These problems are raised in the works of Oxford professor L. Floridi "Philosophical Foundations of Computer Ethics" (1999), professor of the British Open University (The Open University, Walton Hall, Milton Keynes, UK) A. Duff "The Normative Crisis of the Information Society" (2008) and in the monograph "A normative theory of the information society" (2014); in the works of the Director of the International Center for Information Ethics R. Capurro "Information Ethics" (2009) and others.

Virtualization of culture and the need for the formation of information ethics

What is the place of information ethics in the system of knowledge? One should agree with Luciano Floridi that information ethics is a part of a wider scientific field, but they believe that it is not so much a "philosophy of information" [5] as a section of the philosophy of the information society, which examines the philosophical aspects of a wide range of scientific, technological, economic, legal, political, sociocultural, axiological, anthropological, aesthetic and ethical problems of the information society. The modern information society is increasingly characterized by the process of virtualization of the way of life, social and cultural space, associated with the transfer of real communication and cultural objects into virtual, digital forms and analogues. Features of this process are actively studied today.

Positive aspects of the process of virtualization of culture and lifestyle are related to the development of additional capabilities of a person, the acceleration of his activities, overcoming the limitations of space and sometimes time, physical parameters (even disadvantages), the development of new skills of virtual creativity, the possibility of global communication and receiving information from any which point of the information world, etc.

The negative aspects of lifestyle virtualization include:

– loss of the value of the real world in a person's consciousness and life (on the ontological level);

– computer game addiction, weakening of real communication, real creativity and intellectual activity, loss of personality, cultural identity, reduction of personal responsibility for actions in the virtual world (on a subjective and personal level);

– zombification or behavior programming, information warriors and the growth of social riskiness, loss of trust in socio-political institutions (as a result of constant information provocations and trolling), personal insecurity in the information space (at the social level);

- erasure of boundaries between false and reliable information, loss of trust in scientific knowledge, mythologizing of the worldview (at the cognitive level);

- strengthening ethical and moral pluralism, blurring the boundaries between "good" and "evil" in virtual activities, weakening moral regulators and replacing them with the rules of the "user", gamer, etc. (at the ethical level).

Since the creation of the Internet, the information space has reached the level of the emergence of a global, open system of communication, where traditional norms and rules did not apply. In fact, people got the opportunity to build a new system of relations, they could reject all the rules, or create them again according to their own design. "Order out of chaos" gradually took shape, and the principles of information ethics emerged, which are shared by certain virtual communities, subcultures, networks, which, however, are recognized only by those who wish to do so. The regulatory rules have been developed in social networks, game portals, electronic media, and private correspondence. There were also attempts to create uniform codes of ethical rules for communication on the network, for example, Virginia Shea's book "Netiquette" [6], in which rules were formulated for those who live on the World Wide Web, namely:

Rule 1: remember that you are communicating with a person;

Rule 2: Follow the same standards of behavior online that you follow in real life;

Rule 3: Know where you are in cyberspace;

Rule 4: Respect other people's time and opportunities;

Rule 5: Look good online;

Rule 6: Share expertise;

Rule 7: Help keep “flame” wars under control;

Rule 8: Respect the privacy of other people;

Rule 9: Do not abuse your power;

Rule 10: forgive other people's mistakes.

However, most of these rules were of a local nature, supported by one or another network administrator, but were not a formed system.

Today, the question of the possibility of creating and applying ethical codes for the information society is still relevant. The effort to introduce ethical norms to the global network runs into a number of obstacles, the first of which is related to the fact that similar global ethical codes are absent in the real sphere, the second to the fact that the virtual sphere was originally created as free from formalities, the third to the impossibility control over the situation, since everyone interacts on an equal footing and control over information most often results in abuse, ranging from concealment of information to its illegal disclosure. At the same time, despite these difficulties, work is underway to create regulatory documents aimed at ethical control over the content of virtual communication. What is its objective and subjective necessity?

Objective factors are such that a number of signs of virtual communication have qualitative differences from real ones, primarily globality, anonymity, remoteness, instant distribution, descriptiveness (liberality) of content and its availability to all users without restrictions. This creates risks not only at the local level, but also at the global level: manipulation of consciousness and misleading a significant number of people, falsification of facts, transmission of information containing threats to people's lives and freedom, inciting hatred, aggression, violence, etc. The implementation of legal control in the information space causes significant difficulties, therefore great hopes are placed on ethical forms of regulation. It should be noted that the sources and subjects of the mentioned risks are mainly those who in the real sphere are guided by criminal intentions, and the creation of ethical codes is unlikely to significantly affect them, and their activities should be regulated by information law.

Subjective factors are related to what the theorists of the "social contract" also announced, namely: in order for there not to be a "war of all against all", it is necessary to agree, otherwise, aggression (in this regard, a cyber-attack) can be aimed at you. Since each person strives for his own information security, he can be convinced of the principle of reciprocity, even if he is not convinced of the principle of the necessity of good in itself.

This speaks in favor of the creation of these codes in modern society, although many believe that they are utopian. Let's consider some of them, but first we note that this issue turned out to be so specific that it required the emergence of a special field of knowledge - information ethics, the development of which is a product of the XXI century. It should be realized that the ethics of the information society cannot be the sum of the codes of professional ethics of engineers and programmers and requires its own area of analysis and has specifics.

The development of ICT leads to the formation of electronic culture, which has many forms and manifestations, such as electronic education, electronic libraries and museums, digital art, virtual communication and networks, electronic government and electronic services, etc. - all these new areas give rise to and particular value and ethical issues. According to R. Capurro, freedom of access should be considered as a fundamental ethical principle, similar to the principles of freedom of speech and freedom of the press [7]. Director of the International Center for Information Ethics R. Capurro refers to the concept of information ethics in a narrow sense as everything related to the impact of digital technologies on society and the environment as a whole, as well as solving ethical problems related to the functioning of online media (ethics of digital media). The concept of information ethics in a broad sense, in his opinion, covers the entire information and communication sphere, including digital media [7]. He has one of the most consistent reviews of the problems of information ethics up to 2010, with an indication of its specificity in China, Buddhist countries, and environmental aspects of this problem. A significant contribution to the development of information ethics was made by the works of Luciano Floridi, who considers information ethics one of the sections of the philosophy of

information that studies the ethical consequences of information and communication technologies and their impact on human life and society [8].

Thus, we understand information ethics as a branch of ethics in the era of information technology development, aimed at

1) study of moral and ethical problems of the development of information-computer and nano-info-bio-cyber-socio-technologies, including cyborgization, artificial intelligence, etc.);

2) development and study of ethical norms and principles of communication in the information society, creation of ethical codes for the information society based on them;

3) study of ethical aspects of the development of electronic culture and mass media (electronic mass media, the Internet, social networks, electronic libraries, virtual museums and cultural heritage storage facilities, electronic education, electronic services, etc.);

4) the study of ethical aspects of social life related to the implementation of information technologies (copyright protection, cyber threats and cyber security, information equality and guarantee of individual rights in access to information, gender, socio-cultural, socio-political features of the development of the information society).

The specified objects of information ethics are in many ways new for study not only from an ethical point of view, but also in themselves, this is the complexity and specificity of the modern stage of information ethics development. The difference of ethics in any era is its applied nature, its focus on the formation of ethical norms for the field of communication. This feature is also inherent in modern information ethics, which sets the task of not only researching existing moral problems, but also shaping the direction of development of modern technologies that allow a person to develop in the direction of the common good, ensuring the rights and freedoms of the individual, guaranteeing collective and personal safety, observing established ethical commandments .

Issues of the development of information ethics have received considerable attention and have been significantly worked out over the past five years at the international level, which has led to the creation of ethical principles and Codes of the information society. We note right away that the creation of these documents, on the one hand, does not cover the entire set of existing and future ethical problems related to ICT, as well as the fact that their implementation in many countries is in its infancy. But at the same time, these are important steps taken by the international community to raise the issue and draw attention to these issues.

The role of the UN and UNESCO in the formation of information ethics

The main actors in this field are the UN and UNESCO, which have given this problem international status and high significance. In the conditions of the development of the information global society, these organizations determine the formation of global ethical principles and codes regulating relations in the information society. Regular discussion of these problems begins in the 21st century.

In 2003 and 2005, in Geneva and Tunisia under the auspices of the UN, meetings were held at the international level related to the formation of the Declaration on the Principles of Building an Information Society, in which, along with the recognition of the freedoms and rights of citizens formed in the world legal order, their peculiarity was noted in the new technological conditions [9]. The Declaration covered international aspects of the development of the information society, including the problem of digital inequality. It was noted that the current advantages of the revolution in the field of information technologies are unevenly distributed between developed and developing countries, as well as within countries. In this regard, first of all, it is necessary to transform the gap of digital technologies into digital opportunities for all, first of all for those who are at risk of falling behind and further marginalization. The Declaration states that as part of a global cyber security culture, it is important to enhance security and ensure data protection and privacy while expanding the

access and scale of commercial transactions (paragraph 35). One of the sections of the document is directly aimed at approving the ethics of the information community, it states that in the information society it is necessary to respect peace and uphold basic values such as freedom, equality, solidarity, tolerance, collective responsibility and caring for nature (paragraph 56). It is necessary to maintain the dignity and value of the human person (paragraph 57). When using ICT and when creating content, the human rights and fundamental freedoms of others, including the inviolability of private life and the right to freedom of thought, conscience and religion, should be respected, in accordance with the provisions of relevant international instruments (paragraph 58). All subjects of the information society must take appropriate actions and precautions, as defined by law, against the misuse of ICT, such as illegal and other actions motivated by racism, racial discrimination, xenophobia and related intolerance, hatred, violence, in all forms . child abuse, including pedophilia and child pornography, as well as human trafficking and exploitation (paragraph 59). The document emphasized various aspects of the problem of information ethics related to the preservation of cultural diversity and heritage, the freedom and responsibility of the mass media, the creation of a favorable environment and strengthening of trust in the information space. The declaration concludes with the words that if we take the necessary actions, all people will soon be able to build together a new information society based on the sharing of knowledge, on the basis of global solidarity and a more complete understanding between peoples and countries (paragraph 67).

Despite its general nature, the Declaration of 2003 in many respects has already marked a number of key principles of information ethics and a range of problems to be solved. Further programs designed to ensure the official regulation of life in the information space, to form the principles of information ethics, were reflected in the following documents: Declaration of Santo Domingo on Infoethics (2006); "Final Recommendations" adopted at the European Regional Meeting on "Ethics and Human Rights in the Information Society" (2007); "Hanoi Statement on Ethical Aspects of the Information Society" (2008).

The International Telecommunication Union (ITU) is a specialized agency of the United Nations for information and communication technologies (ICT). In 2007, this agency created the Global Cybersecurity Agenda (GCA), which became the basis for international cooperation aimed at increasing trust and security in the information society [10]. It should be noted the most significant documents developed within the framework of UN programs by the International Telecommunication Union (ITU), related to the formation and education of ethical principles in the information space [11]:

- Guidelines for children on child protection in the online environment;
- Guidelines for parents, guardians and teachers on child protection in the online environment;
- Guidelines for the field of child protection in the online environment;
- Guidelines for decision-making officials on child protection in the online environment;
- Elements for creating a global cyber security culture.

These instructions and recommendations, presented in a form accessible to the target audience, highlight the main principles and risks associated with online communication, behavior in the event of cyber threats, protection of the individual and one's own freedom on the Internet. They are updated every year and can be effectively used by teachers and parents to protect people, especially children and adolescents, from threats in the information space.

UNESCO plays a significant role in the development of ethical codes of the information society. Thus, in 2011, at the 36th session of the UNESCO General Conference, the "Code of Ethics for the Information Society" was approved, which also emphasized that in the information space, as in real life, human rights and freedoms should remain inviolable [12]. This is the main document in the field of information society ethics today, adopted by

representatives of most countries. The Code emphasizes that Member States should strive to encourage information providers and disseminators to adhere to ethical principles and values such as honesty, sincerity, truthfulness, credibility, reliability and objectivity, including fairness, and to create conditions to ensure access to information for everyone The Code concerns the issues of ensuring the right of citizens to receive information, freedom of speech in the information environment, protection of private life, creative use of the Internet (creation of content, own interfaces, etc.), ensuring democracy and legality, security against xenophobia, racism, etc., protection of intellectual rights property. The section of the Code "Freedom of Expression" also provides an answer to the question of possible censorship in relation to information resources. In particular, it states that Member States should not subject Internet content to any special restrictions that exceed those already applied to other means of content distribution; these states should encourage measures to individually or jointly regulate content distributed over the Internet. This does not prevent the installation of filters to protect minors, especially in places accessible to them, such as schools or libraries, or to protect the Internet from such endogenous threats as viruses, malware, spam and other harmful technologies.

Thus, on the one hand, the Code states that there should be no filtering of information or blocking of access to the Internet, on the other hand, all actions on the Internet that have the nature of cyber threats must be stopped. Special attention is paid to the guarantee of intellectual property rights, which have been significantly violated in recent decades. It should be noted that back in 2001, the Convention on Cybercrime was signed in Budapest, covering the issues of electronic operations, data protection, cyber security and cybercrime. This is the first international treaty aimed at combating Internet crime and computer crime by harmonizing national laws, improving investigative methods, and expanding cooperation between states [13]. As of April 2023, 68 states have ratified the convention, while a further two states (Ireland and South Africa) have signed but not ratified the convention.

In 2015, at the General Assembly of the United Nations Economic and Social Union, the Secretary General made a report "Progress achieved in the implementation of decisions and follow-up activities based on the results of the World Summit on the Information Society at the Regional and International Levels" [14]. The following data on the development of information resources were given in the report: currently mobile communication networks cover more than 90% of the world's population. The number of mobile subscribers is almost equal to the world population. It is estimated that almost 50% of the world's population is connected to the Internet, and about 44% of households have access to the Internet and about 39% are Internet users. But it is noted that significant "information gaps" still exist: in developed countries, 78% of households have access to the Internet, in the least developed countries this figure is only 5%. Equality in access to information resources is considered an important factor in democratizing society and ensuring individual rights. The report gave a generalized assessment of the level of development of the information society on different continents and in different spheres of activity: education, health care, agriculture, science, preservation of cultural heritage, mass media, electronic government, etc. The report analyzed new processes and changes in the information society, named a new paradigm of regulation - "fourth generation regulation", which corresponds to the latest dynamic changes in ICT and information markets. It involves changes in national legislation and international trade to regulate electronic transactions and ensure readiness for further innovation, while the digitization of information and its placement in the cloud raise questions related to data protection and privacy and digital sovereignty. The actual ethical issues touched upon by the UN Secretary General concerned the protection of individual rights, including the monitoring of messages, their interception, and the collection of personal data in order to protect the right to privacy. The conclusion emphasizes that the development of ICT should contribute to the sustainable development of society and ensure human rights in access to information and the guarantee of its freedom.

According to the Global Information Technology Report published by the World Economic Forum (World Economic Forum) in 2016, Ukraine ranked 64th among 139 countries in terms of the level of development of information and communication technologies in 2016 [15]. The Networked Readiness Index (2016), which determines the level of development of information and communication technologies (ICT) in the countries of the world, is used as the basis of the rating assessment. The index consists of four sub-indices - availability of conditions for ICT development; readiness; sub-index of ICT use by government, business and society; and the sub-index of the impact of ICT on the country's development. The leaders of the rating were Singapore, Finland and Sweden. The top ten also included Norway, the USA, the Netherlands, Switzerland, Great Britain, Luxembourg and Japan. In 2016, Haiti, Burundi and Chad were identified as outsiders in ICT development. The reason for Ukraine's rather low positions in the rating is the lag in the components characterizing the political and regulatory environment - 113th position and the low level of use of ICT by the government - 114th position. The researchers noted the low efficiency of our law-making bodies (120th position), the judicial system (131st position based on the assessment of the independence of courts and 123rd - on the ease of challenging government actions by private businesses), problems with the protection of intellectual property (120th position). A factor restraining the development of ICT in our country is the low level of adoption of new technologies by business (100th position) and the low level of impact of ICT on the emergence of new business models (113th position). The advantages of Ukraine remain the availability of ICT, which allowed it to take the 6th place among 139 countries of the world.

The main trends in the discussion of ethical problems of the information society at the international level during the last decade are as follows:

1. From issues of access to information and problems of digital inequality in general, it is planned to shift attention to the discussion of regional problems, the situation in regions with low indicators of technology development;

2. The question of the role of mass media in the information society is important, however, despite the risks, their freedom is affirmed within the framework of the democratic development of society and the guarantee of freedom of speech;

3. The key issue remains the guarantee of human rights in the information environment and its protection against cyber threats, while more and more attention is paid to individual target groups (children, teenagers, parents, teachers, ICT workers, etc.);

4. Focusing attention on the development of social networks, interactive services that have an increasing influence on the way of life, communication, and socialization of a person;

5. Emergence of new management paradigms related to the specifics of electronic management, electronic governments, Internet management, etc.

At the same time, despite the codes and local network rules proposed by international organizations, significant problems in the field of ethics of the information world remain. In real life, the ethics of modern communication on the Internet is still far from accepted international standards and in many ways continues to exist as a form of "freedom from morality", it has both moral and legal "deviations", such as lies, falsification, adultery, manipulation of consciousness, as well as hacking of personal data, cyber fraud, incitement of enmity and hatred, numerous copyright violations, etc. Mainly, these are problems caused by the unformed culture of virtual communication and the use of information, as well as the lack of control over the information space, which would allow to effectively stop all offenses and threats. The first task must be solved at the level of the education system, the second is related to the law enforcement system (both legislative and executive). In the information environment, the intersection of legal and moral aspects is much closer, since a person here is largely hidden from others and acts anonymously to a large extent. In this regard, it is important to emphasize

that the formation of moral principles and ethical norms in this environment cannot happen spontaneously, as well as the formation of an information culture of communication.

Conclusion

1. Modern society, in which a significant part of communication has moved to cyberspace, is regulated by a special type of ethics, which is called information, computer, information society ethics, designed to ensure the rights and freedoms of citizens not only in the real, but also in the virtual sphere of activity. At the same time, the ethical codes of the information society, like the information society itself, are still in a state of formation, virtual interaction is carried out in many ways outside of generally accepted ethics or has its own specifics and rules.

2. Ethics and etiquette of the information world are in the stage of development. There are processes of regulation of the ethics of the information society from official institutions (and here the leading role of the UN and UNESCO should be recognized), as well as self-organization projects - the creation of ethical norms within virtual communities.

3. Virtual interaction does not change people's ideas about moral values, but due to its simulation, game nature and reduced social control, it contributes to their weakening and transformation into anachronisms.

4. Rigid regulation of virtual content and subjecting it to the proposed codes will inevitably give rise to the desire to escape from the rules, so the development of censorship will not solve this problem. More effective is the system of development of civil rights and legislation in the field of information, as well as upbringing and education of the culture of life in the information world, which contributes to the socialization of the individual and its adaptation to new technological conditions.

Bibliography

1. Moor J.H. Reason, Relativity, and Responsibility in Computer Ethics // Computers and Society. 1998. March. – P. 14-21.
2. Lee W.W. and Chan A.K.K. Computer Ethics: an Argument for Rethinking Business Ethics // In The 2nd World Business Ethics Forum: Rethinking the Value of Business Ethics. 2008. – P. 91-110.
3. Wiener Norbert. The Human Use of Human Beings. Cybernetics and Society. London: Free Assoc. Books, 1989. (first published in 1950)
4. Weizenbaum Josef. Computer Power and Human Reason: From Judgement to Calculation. San Francisco: Freeman, 1976.
5. Floridi L. Information Ethics: On the Philosophical Foundations of Computer Ethics // Ethics and Information Technology. 1999. Vol. 1, N (1). P. 37-56.
6. Shea V. The Core Rules of Netiquette (1990-2011). URL: http://www.albion.com/netiquette/corerules.html
7. Capurro R. Information Ethics. Information society. 2010. Vol. 5. – P. 6-15.
8. Floridi L. The Ethics of Information. Oxford University Press, 2013. - 380 p. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199641321.001.0001 9. Declaration of Principles Building the Information Society: a global challenge in the new Millennium / World Summit on the Information Society, Geneva 2003 - Tunis 2005. https://www.itu.int/net/wsis/docs/geneva/official/dop.html
9. Global Cybersecurity Agenda (GCA). International Telecommunication Union (ITU). https://www.itu.int/en/action/cybersecurity/Pages/gca.aspx
10. Child Online Protection. International Telecommunication Union (ITU). https://www.itu.int/en/ITU-D/Cybersecurity/Pages/COP/COP.aspx

11. Code of Ethics for the Information Society. UNESCO General conference, 36th session, Paris 2011. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000212696
12. Convention on Cybercrime, Budapest, 23.XI.2001, Council of Europe, European Treaty Series – No. 185. https://rm.coe.int/1680081561
13. Information and communications technologies for inclusive social and economic development, Report of the Secretary-General, United Nations, 2015. https://unctad.org/system/files/official-document/ecn162014d3_en.pdf
14. Ratings of Ukraine according to the network readiness index 2016/ Economic discussion club.https://web.archive.org/web/20191024053047/http://edclub.com.ua/analityka/reytyngovi-ocinky-ukrayiny-za-indeksom-merezhevoyi-gotovnosti-2016

ERGONOMIC MODERNIZATION OF CHAIRS USED FOR DAILY LONG-TERM SITTING POSITION OF THE HUMAN ORGANISM

Paraska O.[1], Paraska S.[1], Radek N.[2]
[1,]Khmelnytskyi National University, Ukraine
[2] Kielce University of Technology, Poland

Abstract. In modern conditions, with the rapid development of science, engineering and technology, when consumers actively use the benefits of civilization, the conditions of our existence change significantly, both positively and negatively. And one of the negative aspects of these changes is the state of physical inactivity of a significant number of the population. At the same time, physical inactivity is directly related to sitting for many hours every day, both at work and at home.
When commuting to work, people use cars more often, in big cities a trip to and from work may take more than an hour. Millions of people use computers at work, which means at least from 6 to 7 hours of sitting. At home people also sit for an hour or two in front of the TV or a computer screen. So every day human body accumulates more than 10 hours of sitting.
When sitting for a long time every day, human body experiences a number of negative effects.
Numerous studies show that an effective and efficient step in reducing, or rather minimizing, the negative impact of long hours of sitting on human body is the use of a new generation of 3D orthopedic and ergonomic seats – armchairs, chairs, seat cushions. At the same time, if rather expensive armchairs and chairs need to be purchased, then alternatively using relatively inexpensive 3D orthopedic (ergonomic) seat cushions people can quickly upgrade the armchairs and chairs people already have.
The criteria for assessing the quality of orthopedic pillows to protect the body from the harm of sitting for many hours every day are the basis for creating innovative products.
Within the framework of the scientific project EKKOSEAT – protection of the human body from the harm of a daily long-term sitting position, more than 10 basic innovative designs of orthopedic cushions, capes and overlays for basic seating devices – armchairs, office chairs, executive chairs, car seats – were developed.
Studies confirm the orthopedic cushions EKKOSEAT with elements of armchairs (chairs) for a human operator, which will determine the need to evaluate them according to ergonomic (including functional) and aesthetic indicators.
The proposed algorithm for choosing orthopedic cushions is quite simple and objective and gives the consumer the opportunity to choose the most optimal option for consumer with a wide variety of orthopedic cushions. At the same time, the likelihood that the selected model of orthopedic cushion will provide high preventive, health-improving and therapeutic effects increases times fold, and possibly significantly.
Keywords: Ergonomic seat cushions, orthopedic pillows, EKKOSEAT, orthopedic rolls, protection of the human body.

Introduction

In modern conditions, with the rapid development of science, engineering and technology, when consumers actively use the benefits of civilization, the conditions of our existence change significantly, both positively and negatively. And one of the negative aspects of these changes is the state of physical inactivity of a significant number of the population. At the same time, physical inactivity is directly related to sitting for many hours every day, both at work and at home [1, 2].

When commuting to work, people use cars more often, in big cities a trip to and from work may take more than an hour. Millions of people use computers at work, which means at least from 6 to 7 hours of sitting. At home people also sit for an hour or two in front of the TV or a computer screen. So every day human body accumulates more than 10 hours of sitting. And human body has been created for movement for millennia, not for sitting. The human body cannot adapt over several decades before the fundamental changes in the conditions of our existence – sitting for many hours every day.

When sitting for a long time every day, human body experiences a number of negative effects, among which are the most dangerous [3-5]:

1). Human musculoskeletal system is not subject to natural stress. And the spine is the first to suffer from this. People usually sit with our back bent and our shoulders down. This position places uneven stress on the spinal column. Eventually, this leads to wear and tear of the intervertebral discs, overloading the ligaments and joints, straining the muscles that stretch along the bent back. Hence, over time, diseases occur, such as osteochondrosis, intervertebral hernia, radiculitis, lumbago and others.

2). The sitting position presses, compresses and strains the muscles in the pelvic area and legs. In the most constricted areas, muscles, nerves, arteries and veins can become blocked, causing numbness and impairing blood flow to the extremities (legs) and pelvic organs (bladder, rectum, genitals). Hence, over time, there is a likelihood of diseases such as hemorrhoids, cystitis, prostatitis, infertility, sciatica, impotence and others.

The indicated negative phenomena of sitting for many hours are intensified against the background of a lack of air circulation between the buttocks and the surface of the armchair (chair) – hence low thermoregulation and overheating of the pelvic organs.

It is practically impossible to refuse from sitting for many hours (no one will do our work for us). Frequent breaks and physical exercise reduce the negative effects of sitting for a long time, but they do not solve the problem.

Visualization of the specified problem is presented in Fig. 1.

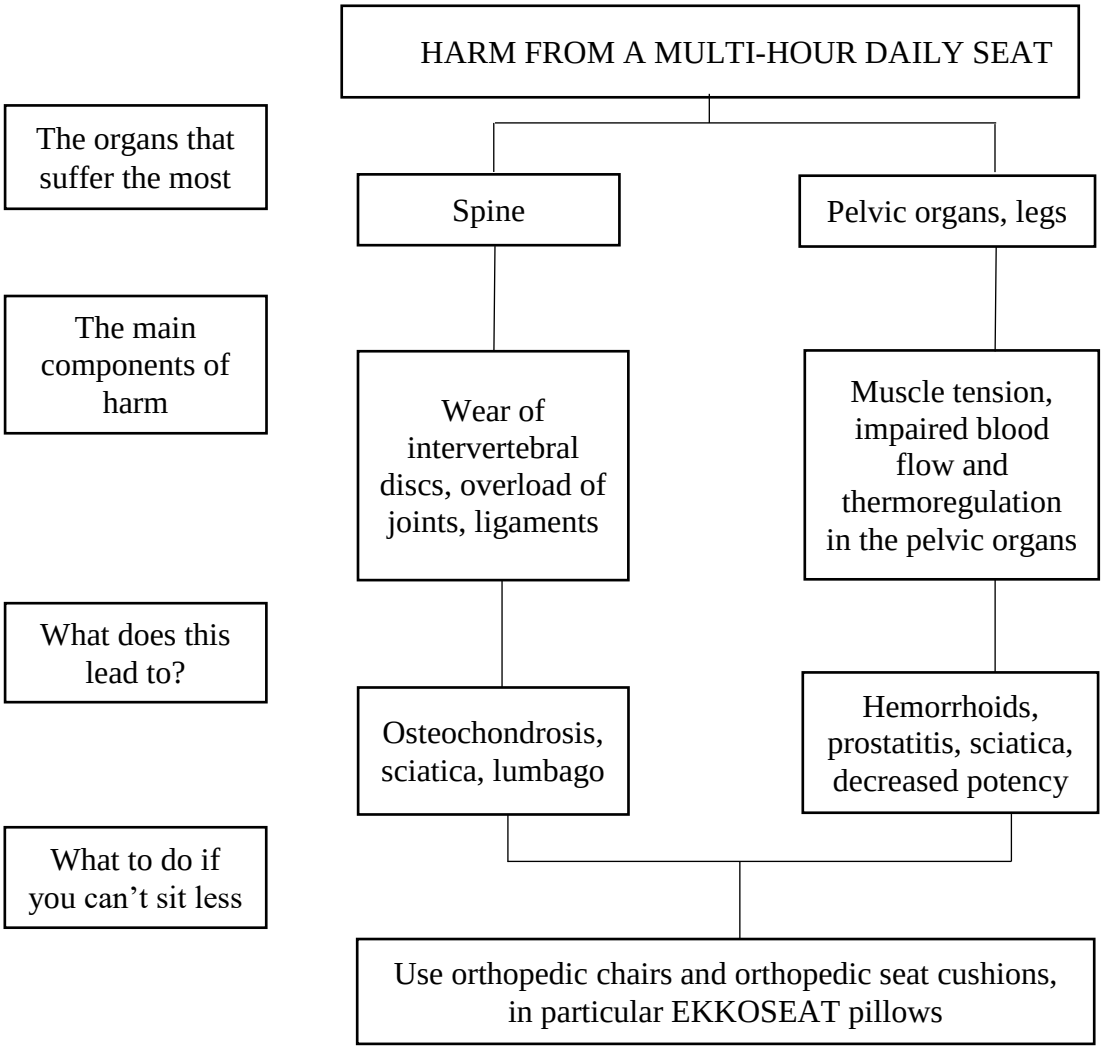


Fig. 1 . The negative impact of multi-hour daily sitting on the human body

Numerous studies show that an effective and efficient step in reducing, or rather minimizing, the negative impact of long hours of sitting on human body is the use of a new generation of 3D orthopedic and ergonomic seats – armchairs, chairs, seat cushions [6-8]. At the same time, if rather expensive armchairs and chairs need to be purchased, then alternatively using relatively inexpensive 3D orthopedic (ergonomic) seat cushions people can quickly upgrade the armchairs and chairs people already have.

Research methodology

Analysis of the characteristics and results of using orthopedic seat cushions for soft, office and car seats [6, 8], in particular Aylio Coccyx Orthopedic Comfort Foam Cushion, RelaxoBak Orthopedic Comfort Cushion, GSeat Ultra Orthopedic Comfort Cushion, Cushina Memory Foam Seat Cushion, Love Home Coccyx Memory Foam Cushion, TravelMate Coccyx Orthopedic Cushion, Coccyx Cushion – Comfort Donut Pillow, Purap 3D Floatation Tech Cushion, Wondergel Doublegel Gel Seat Cushion, Ergo21 Liquicell Sports Cushion, MEDICA, Kabooti, DRIVER HELP, EKKOSEAT, allowed to create a basic list of properties (characteristics, functions) of orthopedic cushions to achieve a positive result in the prevention, recovery and treatment of a number of diseases that arise from sitting for many hours every day.

The criteria for assessing the quality of orthopedic pillows to protect the body from the harm of sitting for many hours every day are the basis for creating innovative products.

The main functions and characteristics that should be inherent in orthopedic cushions for the backs of chairs:

- support of the cervical and thoracic spine;
- support of the lumbar spine;
- the presence of natural air circulation and thermoregulation systems in the areas of contact between the consumer’s back and the pillow;
- the absence of allergic materials in contact with the consumer’s back or as close as possible to the back;
- a reliable system for fastening and adjusting the position of the orthopedic cushion for a specific consumer;
- modern design solution;
- high performance characteristics, in particular long-term (for years) preservation of basic working functional properties;
- reasonable price of orthopedic cushions.

The main functions and characteristics that should be inherent in orthopedic cushions for chair seats:

- reducing the load on the tailbone;
- unloading of the consumer’s pelvic organs and legs;
- natural air circulation and thermoregulation in the inguinal and perirectal areas of the consumer;
- the presence of natural air circulation and thermoregulation systems in the areas of contact of the consumer’s buttocks with the orthopedic pillow;
- the absence of allergic materials in contact with the consumer’s buttocks or as close as possible to the buttocks;
- a reliable system for fastening and adjusting the position of the orthopedic cushion for a specific consumer;
- modern design solution;
- high performance characteristics, in particular long-term (for years) preservation of basic working functional properties;

- reasonable price of orthopedic cushions.

The proposed algorithm for choosing orthopedic cushions is quite simple and objective and gives the consumer the opportunity to choose the most optimal option for consumer with a wide variety of orthopedic cushions. At the same time, the likelihood that the selected model of orthopedic cushion will provide high preventive, health-improving and therapeutic effects increases times fold, and possibly significantly.

Results of the research and discussion

Criteria for assessing the quality of orthopedic pillows to protect the body from the harm of sitting for many hours every day are the basis for creating innovative products.

Within the framework of the scientific project EKKOSEAT – protection of the human body from the harm of a daily long-term sitting position, more than 10 basic innovative designs of orthopedic cushions, capes and overlays for basic seating devices – armchairs, office chairs, executive chairs, car seats – were developed. The scientific novelty of constructions is protected by patents and utility model patents and copyright certificates [9-13].

In Fig. 2, Fig. 3 and Fig. 4 there are examples of innovative 3D cushions – a cover for an office chair, an executive chair and a car seat with fixation of innovative solutions that are not characteristic of other brands.



Fig. 2. A basic set of cushions for the manager's chair



Fig. 3. A basic set of car seat cushions



Fig. 4. A basic set of pillows for an office chair

In parallel with experimental and theoretical research [11-14], the production of innovative 3D cushions – covers for various means of sitting under the trade mark EKKOSEAT [9, 10] was started in the city of Khmelnytskyi, Ukraine.

The design-ergonomic quality level of EKKOSEAT orthopedic cushions-capes was conducted by the Ukrainian Research Institute of Design and Ergonomics [15]. The main conclusions are as follows:

1). Orthopedic cushions EKKOSEAT with elements of armchairs (chairs) for a human operator, which will determine the need to evaluate them according to ergonomic (including functional) and aesthetic indicators.

2). Orthopedic cushions provide users with a sufficiently high level of comfort during operation, and the samples for car seats also contribute to better posture, increase the level of protection of the spinal column against micro-traumas in the process of driving.

3). The system of fastening of the orthopedic cushions is convenient, it ensures reliable contact with the surface and excludes the possibility of sliding on the seats and backs of armchairs (chairs).

4). The thickness of car seat cushions (from 10 to 15 mm) ensures the preservation of the ergonomic characteristics of car seats, namely, lateral support for the body and buttocks.

5). Buckwheat husk is an ecological filler used in the construction of the cushions, which will ensure sufficient quality of thermoregulation of body surfaces in contact with them.

6). Vertical and horizontal connecting seams, longitudinal strips of the surface of the cushions and, most importantly, the transverse orthopedic rollers placed on them provide effective support of the lumbar spine, contribute to the elimination of pressure on the coccyx, and provide ducted air circulation between the surface of the cushions and the user's body.

7). All products of the model range of the orthopedic cushions are original in form, decoratively expressive, tectonic, characterized by the functional and constructive condition of their form and the harmony of the three-dimensional structure in combination with the armchairs (chairs) for which they are intended.

In general, the shape of the cushions (both for the back and the seat of the chair) is ergonomic and anatomical. The prominence of their surface, the composition of the filler, the material of the covers determine the therapeutic and preventive effect and stimulate the improvement of the condition of the human body when work performed in the sitting position.

The overall evaluation of the ergonomic characteristics of the model range of the cushions on a 10-point scale is 8.618 (Table 1).

Table 1. The results of determining the ergonomics (K_{erg}) of the EKKOSEAT model line of cushion covers

No	Complex indicator	Group indicator	Point scale rating B_i from 0 to 10 scale	Coefficient of weight Q_i	Values of group indicator $Q_i \cdot B_i$
1	Ergonomic indicators	1. Ease of implementation of basic operations	8.9	0.25	2.225
		2. Ease of execution auxiliary operations	8.1	0.15	1.215
		3. Informational adequacy	9.1	0.10	0.91
		4. Convenience of the posture with working with the product	8.9	0.04	0.352
		5. Hygienicity of the product	7.6	0.06	0.456
2	Structural adequacy	6. Adequacy of product form	8.4	0.15	1.26
		7. Convenience product transformability	8.8	0.25	2.2

The overall evaluation of the ergonomic characteristics (K_{erg}) of the model range of the cushions on a 10-point scale according to the formula:

$$K_{erg} = \sum_1^7 Q_i \cdot B_i = 8.618$$

The overall assessment of the aesthetic characteristics of the model range of the cushions on a 10-point scale is 7.815 (Table 2).

Table 2. The results of determining K_{aest} aesthetics of the EKKOSEAT model line of cushion covers

No.	Complex indicator	Group indicator	Point scale rating B_i from 0 to 10 scale	Coefficient of weight Q_i	Values of group indicator $Q_i \cdot B_i$
1	Artistic expressiveness	1. Figurative expressiveness	8.1	0.07	0.576
		2. Originality	8.2	0.04	0.328
		3. Compliance with fashion	7.6	0.06	0.456
		4. Decorative expressiveness	8.8	0.03	0.264
		5. Stylistic unity	7.8	0.06	0.39
2	Rationality of the form	6. Functional-constructive conditioning of the form	7.7	0.45	3.375
3	Integrity of composition	7. Harmoniousness of the volume-spatial structure	9.1	0.08	0.728
		8. Tectonicity	7.4	0.08	0.592
		9. Plasticity	7.9	0.04	0.316
4	Product identification level	10. Structural and technological indicators	7.7	0.05	0.385
		11. Structural and plastic indicators	8.1	0.05	0.405

The overall evaluation of the aesthetics characteristics (K_{aest}) of the model range of the cushions on a 10-point scale according to the formula:

$$K_{aest} = \sum_1^{11} Q_i \cdot B_i = 7.815$$

In the Evaluation Result (the Ukrainian Research Institute of Design and Ergonomics), orthopedic cushions-inlays of EKKOSEAT are determined by design and ergonomic indicators as high-quality products, corresponding in their characteristics to the best world analogues.

Conclusion

Within the framework of the scientific project EKKOSEAT – protection of the human body from the harm of a daily long-term sitting position, more than 10 basic innovative designs of orthopedic cushions, capes and overlays for basic seating devices – armchairs, office chairs, executive chairs, car seats – were developed.

Studies confirm the orthopedic cushions EKKOSEAT with elements of armchairs (chairs) for a human operator, which will determine the need to evaluate them according to ergonomic (including functional) and aesthetic indicators.

The proposed algorithm for choosing orthopedic cushions is quite simple and objective and gives the consumer the opportunity to choose the most optimal option for consumer with a wide variety of orthopedic cushions. At the same time, the likelihood that the selected model of orthopedic cushion will provide high preventive, health-improving and therapeutic effects increases times fold, and possibly significantly.

Bibliography

1. Innerd P. Physical Activity Assessment: A Lifecourse Approach (2019). Routledge. 206 p. ISBN 9781138059993.
2. Dalene K., Ekelund U. Assessment of physical activity behaviours: methods, levels, and time trends (2023). Oxford Academic Books. P. 303-314.DOI:10.1093/med/9780192843968.003.0015
3. Ahmadov I. R., Valibeyova A. B., Hajiyeva G.M., Ganiyeva G.S., IsgandarovaT.A. (2020). Effects of movement on exchange processes, organs, and systems, assessment of youth lifestyle and physical activity. Health Scientific-practical journal. No1. P. 108-112.
4. Barr K.P, Harrast M.A. Braddom R.L. Low back pain. (2010). Physical Medicine & Rehabilitation 4th edPhiladelphia, PA: Saunders Elsevier. P. 871–911.
5. Mork P.J, Westgaard R.H. (2009). Back posture and low back muscle activity in female computer workers: a field study. Clin Biomech Vol.24. P.169–175.
6. The 8 Best Seat Cushions of 2024, Tested and Reviewed. https://www.health.com/best-seat-cushions-for-back-pain-7372974
7. Li S, Zhang Z, Wang J. Development and evaluation of a new contoured cushion system with an optimized normalization algorithm. (2014) Biomed Mater Eng. Vol. 24. P. 3427–3438.
8. Ortopedic seat. https://www.amazon.com/Qutool-Cushion-Orthopedic-Support-Adjustable/dp/B074C9F45S.
9. EKKOSEAT https://www.ekkoseat.com/.
10. Paraska S., Paraska V., Paraska G. (2019). Trademark certificate № 304925/ № m 2019 26500 [in Ukrainian].
11. Paraska S., Paraska G. (2017). Orthopedic pillow. Patent for inventions 114014 UA, MPK A61F5/32, A47G9/10. № u 2016 08783 [in Ukrainian].
12. Paraska S., Paraska V., Paraska G. (2017). Car seat care pillow. Patent for inventions 114680 UA, MPK B60N 2/58. № u 2016 10627 [in Ukrainian].
13. Paraska G. (2016). Orthopedic pillow. Patent for inventions 111357 UA, MPK A61F5/01, A61F5/32, A47G9/10. № u 2016 04227 [in Ukrainian].
14. Yanenko A., S. Paraska S., Taranchuk A., Pidchenko S., Luschevskaya E. (2017). Reserch of materials' electromagnetic compatibility of orthopedic seat cushion with the human organism. Actual problems of modern science. Monograph: UTP University of Science and Technology, Khmelnytskyi National University, Poland-Ukraine. P. 530-540. ISBN 978-83-938655-3-6.
15. Ukrainian Research Institute of Design and Ergonomics https://nau.edu.ua//science/ukrainskij-naukovo-doslidnij-institut-dizajnu-ta-ergonomiki.html.

МЕТОДИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ СОРБЕНТІВ

Підгайчук С.[1], Смутко С.[2], Дробот О.[2], Шевчук В.[1], Яворська Н.[2]
[1] Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, Україна
[2] Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. Розробка технології очистки продуктів нафтопереробної, харчової та інших галузей промисловості передбачає використання сорбентів. Науково-практичним завданням є зменшення техногенного навантаження, пов'язаного з накопиченням, поводженням та мінімізацією відходів після регенерації. В статті проведено огляд методів регенерації та утилізації відпрацьованих сорбентів.
Проведений аналіз методів регенерації та утилізації відпрацьованих сорбентів надав низку економічно обґрунтованих та різних за складністю технологічних процесів, які направлені на створення нових екологічно чистих матеріалів. Проведена робота доводить необхідність та доцільність використання сорбенту – сапонітової глини для очистки нафтопереробної продукції з можливістю її наступної як регенерації, так і ефективної утилізації.
Ключові слова: сорбенти, очищення, регенерація, утилізація.

Розробка технології очистки продуктів нафтопереробної, харчової та інших галузей промисловості передбачає використання сорбентів. Науково-практичним завданням є зменшення техногенного навантаження, пов'язаного з накопиченням, поводженням та мінімізацією відходів після регенерації. В статті проведено огляд методів регенерації та утилізації відпрацьованих сорбентів.

Проведений аналіз методів регенерації та утилізації відпрацьованих сорбентів надав низку економічно обґрунтованих та різних за складністю технологічних процесів, які направлені на створення нових екологічно чистих матеріалів. Проведена робота доводить необхідність та доцільність використання сорбенту – сапонітової глини для очистки нафтопереробної продукції з можливістю її наступної як регенерації, так і ефективної утилізації.

Природні та штучні сорбенти застосовують в різних галузях промисловості, починаючи від нафтопереробної до харчової. Так, відомим є очищення та регенерація мастил, трансформаторних, моторних та інших спеціальних олив, застосування їх як фільтрів для тонкої очистки та підвищення якості рідких палив. Відомо широке застосування їх для очищення води, освітлення фруктових соків, вин і пива, рафінування рослинних олій. [1].

Предметом дослідження є методи утилізації, регенерації або використання в інших галузях відпрацьованих сорбентів. Утилізацію можна реалізувати шляхом використання відпрацьованих сорбентів для виготовлення інших матеріалів.

Низка робіт, проведених в Хмельницькому національному університеті. присвячена дослідженням щодо використання природного адсорбенту – сапонітової глини для нафтопереробної галузі та галузі водоочищення. Використання глини передбачає її майбутню регенерацію, або ж утилізацію. Тому аналіз проблем, які виникають після використання глини для очищення є актуальними. В роботі [2] проведено аналіз методів утилізації, регенерації (відновлення сорбційних властивостей) та використання відпрацьованих сорбентів.

Вивіз відпрацьованих сорбентів на сміттєзвалища є найбільш простим способом вирішення проблеми їх утилізації. Однак, крім проблеми існування самих сміттєзвалищ, можливе явище самозаймання відходів, як наслідок взаємодії кисню повітря з відходами нафтопродуктів. Поверхня відпрацьованих глин є досить розвинута, що також сприяє

самозайманню. Горіння відходів такого виробництва призводить до попадання токсичних продуктів горіння в атмосферу. Складування відпрацьованих штучних сорбентів не в облаштованих місцях є небезпечним і забороненим.

Існують наступні методи регенерації сорбентів, забруднених в процесі очищення води [2].

1. Хімічна регенерація. Проводиться за допомогою рідких або газоподібних реагентів при температурі до 100 °С і викликає десорбцію або деструкцію сорбата. Для цього застосовуються розчини солей, кислот, лугів, органічні розчинники.

2. Теплова регенерація. Здійснюється нагріванням сорбентів паром або інертним газом. Нагрівання сорбентів паром є більш практичний метод через більш дешеву переробку елюатів. Продукти десорбції і деструкції забруднень конденсуються і піддаються утилізації. Можливе використання каталізаторів (сполук важких металів, органічних речовин).

3. Термічна і електротермічна регенерації. Засновані на послідовній термодеструкції сорбата до летючих продуктів і конденсуючих напівпродуктів з подальшою реактивацією і спалюванням усіх летючих продуктів. Електротермічна регенерація здійснюється зовнішнім або внутрішнім нагрівом електричним струмом в спеціальних печах безперервної дії. Термічна регенерація здійснюється нагріванням топковими газами, продуктами згоряння палива у вертикальних шахтних печах, у барабанних обертових печах і печах з киплячим шаром.

Питанням переробки нафтошламів присвячена низка робіта ї [3]. Проаналізовані технологічні процеси, в результаті яких утворюються технологічні шлами на залізничних підприємствах, і запропонована принципова схема реагентної переробки нафтошламу із застосуванням декантера і теплообмінника. У якості реагентів-флокулянтів випробувані поверхнево-активні речовини (сульфонол, неонол АФ 9-12, кокамідопропілбетаін) у поєднанні з класичним реагентом поліакриламідом, що широко застосовується для розділення нафтошламів. Ефективне розділення суміші на три фракції – твердий залишок, воду, вуглеводні, був отриманий при поєднанні поліакриламіду з сульфонолом. Впровадження реагентної переробки нафтошламів потребує відповідних хімічних реагентів та технологічного обладнання.

Аналіз методів утилізації олійно-жирових відходів наведено в роботі [4]. Авторами доведено, що утилізація таких шламів може бути корисною. Так, існує метод утилізації відпрацьованих олієвмісних бентонітових глин і діатомових фільтрувальних порошків шляхом виготовлення на їх основі побутових паст для чищення та миючих засобів.

Існує ряд технологій щодо використання відпрацьованих сорбентів та відходів процесу очищення у виробництві будівельних матеріалів після їх знежирювання. Встановлено, що виділені жири за характеристикам близькі до олій, які використовуються для отримання оліфи у виробництві лаків, фарб. Це економічно доцільна заміна пальмовій, оливковій та іншим оліям, що імпортуються. Відпрацьовані глини і фільтрувальні порошки можна використовувати у якості сировинних матеріалів на виробництвах асфальту, бетону, цегли та інших будівельних матеріалів.

Основним недоліком таких способів утилізації відпрацьованих олієвмісних сорбентів є складність технологічного обладнання та їх достатньо мала рентабельність, що пов’язана зі значними витратами на розділення та очистку олій, їх переробку та утилізацію. Розглянуті процеси утилізації відпрацьованих сорбентів не передбачають їх повного знежирювання, оскільки залишковий вміст олій у них може перевищувати 5%.

Відомо [4] використання органічних розчинників для регенерації відбільних глин. Автори наполягають на збереженні до 80 % початкової активності глин після 20 циклів регенерації такими розчинниками як спирти, ефіри, кетони. Основні недоліки процесу

регенерації фільтрувальних глин хімічними методами є їх складність, висока вартість і необхідність утилізації побічних продуктів. Технологічно нескладним та економічно обгрунтованим є метод відновлення відбільних глин керованим випалювання з них олієвміщуючих компонентів з метою повторного використання адсорбенту.

Авторами [4] запропонована утилізація відбільних глин шляхом контрольованого спалювання з використанням отриманого тепла для технологічних потреб. Утилізація відбільних глин виконується з використанням обертової печі (температура 800 ... 900^{0}С протягом 6 хв.). Для більш повного вигорання органічного залишку з фільтрувальної глини необхідне руйнування великих частинок вже на першій стадії горіння до їх ошлаковування. Це було здійснено при спалюванні глини у обертовій печі з встановленими на першій її третині поличками для скидання і перемішування грудок. В технологічному процесі застосовано циклон-осаджувач для використання його у схемі повернення часток на початок процесу спалювання.

Питання використання відпрацьованих вуглецевих сорбентів, автор роботи [2], пропонує розв’язати з використанням установки для регенерації сорбентів. За рахунок впливу високої температури та вакууму важкі метали, поглинені в процесі очищення, видаляються та збираються у спеціальну ємність. Повний цикл регенерації займає не більше 20 годин. Кількість циклів регенерації сорбенту залежить від його забрудненості, фізичних властивостей, а також правильного підбору режиму обробки. На практиці відомі випадки реактивації сорбентів до 400 циклів, у середньому близько 250. Ресурс сорбенту знижується після кожної реактивації і це значить, що сорбент буде працювати, але кількість рідини, яку він чистить, буде меншою на кілька відсотків після кожної реактивації.

Після регенерації на установці сорбент знову можна використовувати в процесі очистки. Перевагами такої установки є:

- властивості одного і того ж сорбенту можуть бути відновлені до 10 разів.
- скорочення втрат важких металів в процесі регенерації, адже видалені важкі метали збираються в спеціальну ємність і можуть використовуватися повторно у виробництві.
- можливість деактивації відпрацьованих сорбентів, які після цього можуть утилізуватися як будівельне сміття без нанесення шкоди навколишньому середовищу.
- знизити матеріальні витрати підприємства за рахунок повторного багаторазового використання сорбенту.
- відсутність потреби в логістичних послугах (доставка сорбенту).

Особливою перевагою такого обладнання є скорочення втрат важких металів в процесі регенерації, адже видалені шкідливі речовини збираються у відповідну ємність і можуть використовуватися повторно у виробництві.

У роботі [2] також розглянуто можливість використання відпрацьованих сорбентів у виробництві будівельних сумішей. Тобто необхідно вивчити можливостей їх використання в будівельній промисловості як наповнювача. При цьому необхідно враховувати можливість вивільнення основних забруднювачів з сорбентів, міцність зв’язку в кристалічній структурі та їх токсичність. Відпрацьовані сорбенти, які вичерпали свої адсорбційні властивості, можна використовувати в різноманітних галузях промисловості: як матеріали для створення протифільтраційних екранів або як ефективні добавки у виробництві керамзиту. Необхідною умовою створення протифільтраційних екранів є облаштування полігонів побутових та виробничих відходів. За умови створення шару понад 0,3 м забезпечується значний фільтраційний опір, що можна з успіхом використовувати як конструкційний матеріал для протифільтраційних екранів.

Відпрацьовані сорбенти можуть бути використані, як сировина для виготовлення керамзиту. Мінералогічний склад глин забезпечує їх властивості, що і потрібно

використати для створення матеріалів. Для виготовлення керамзиту матеріал повинен бути пластичним і відносно міцним. Тому перспективним напрямом є часткове використання відпрацьованої глини як сировини для приготування керамзиту, внаслідок чого отримується керамзит з більшою механічною міцністю за рахунок підвищення ступеня кристалізації сировинної маси в процесі обпалу. Застосування відпрацьованих сорбентів у виробництві керамзиту забезпечить економію трудових та матеріальних затрат на реалізацію технології виробництва керамзиту, а також зменшить собівартість всієї основної продукції. Отже, утилізація відпрацьованих сорбентів допомагає не тільки зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище, але і вдосконалити технології створення альтернативних матеріалів внаслідок застосування високоякісного матеріалу.

Розв'язання питання очистки стічної води від іонів хрому (III) та нікелю є важливим завданням, яке стояло і стоїть перед інженерами, хіміками, екологами. В роботах [5-8] теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість застосування дешевих та розповсюджених глинистих сорбентів на основі глини спонділової зеленої та суглинку темно-бурого та їх модифікованих форм для очищення стічних вод від іонів хрому (III) та нікелю. Авторами розроблено спосіб утилізації відпрацьованих глинистих сорбентів шляхом депонування у будівельних сумішах. Встановлено, що десорбція іонів Cr^{3+} та Ni^{2+} з будівельної суміші з відпрацьованими сорбентами не відбувається, що свідчить про можливість утилізації відпрацьованих глинистих сорбентів у будівельних сумішах на основі цементу. Ці висновки були отримані шляхом моделювання природних процесів, що відбуваються при експлуатації будівельних виробів на основі будівельних сумішей із введеними до них відпрацьованими глинистими сорбентами. При цьому були проведені експериментальні дослідження щодо десорбції іонів Cr^{3+} та Ni^{2+} у водних розчинах зі змінними температурами та водневим покажчиком pH. В якості агресивних середовищ застосовувались моделі: «кислий дощ» – розчин сірчаної кислоти H_2SO_4 з pH = 4,0; «лужний ґрунт» - розчин NaOH з pH = 8. Моделі «кислий дощ» та «лужний ґрунт» дозволили дати оцінку потенційної можливості міграції іонів Cr^{3+} та Ni^{2+}із будівельних виробів у водно-ґрунтове середовище. Крім того, досліджено вплив змінних температур водного середовища, що імітує теплу пору року, а саме +50 ºС, +200 ºС та +450 ºС на ефект вимивання іонів важких металів із будівельних виробів. Наведені авторами результати досліджень довели, що в різних середовищах і при різних температурних умовах десорбція іонів Cr^{3+} та Ni^{2+} з будівельних сумішей на основі цементу не відбувається.

Висновки

Проведений аналіз методів регенерації та утилізації відпрацьованих сорбентів надав низку економічно обґрунтованих та різних за складністю технологічних процесів, які направлені на створення нових екологічно чистих матеріалів. Проведена робота доводить необхідність та доцільність використання сорбенту – сапонітової глини для очистки нафтопереробної продукції з можливістю її наступної як регенерації, так і ефективної утилізації.

Бібліографія

1. Ганзюк А. Я. Модифікація сапонітових глин поверхнево-активними речовинами / А. Я. Ганзюк, С. А. Карван, Г. М. Дейчук, Х. А. Ганзюк // Вісник Львівського університету. Серія хімічна. – Львів, 2015. – № 56. – Ч. 1. – С. 186–191.
2. Боженко П. О. Отримання вуглецевих адсорбентів з ПЕТ-відходів [Електронний ресурс] / П. О. 2. Боженко // Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня

магістра спеціальності 101 «Екологія» за освітньо-професійною програмою «Екологія та охорона навколишнього середовища». Національний університет харчових виробництв, Київ. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/5e2e5ee7-1830-42ae-b8af-91f18981070d/content.

3. Безовська М. С. Утилізація нафтошламів та мастил структурних підрозділів залізниць / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна, О. Б. Бабенко // Науковопрактичний журнал «Залізничний транспорт України» / ред. кол. Бакаєв О. О., Боднар Б. Є., Даніленко Е. І. [та ін.]. – К.: Вид-во ДНДЦ УЗ, 2008. – №1. – С. 36–38.
4. Методи утилізації відбільних глин / Я. О. Загородній, В. О. Туз, Г. О. Собченко, К. П. Костогриз. // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2012. – №1. – С. 97–99.
5. Рябчевський О. В. Очищення стічних вод від іонів хрому та нікелю глинистими сорбентами: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.01 "Екологічна безпека" / Рябчевський Олег Володимирович – Київ, 2019. – 24 с. http://surl.li/rmxxu
6. Рябчевський О. В. Утилізація відпрацьованих природних сорбентів очищення хром- та нікельвмісних стічних вод / О. В. Рябчевський, О. Л. Матвєєва. // Збірник тез доповідей Другої Всеукраїнська науково-практична конференції з міжнародною участю «Екологічні проблеми природокористування та охорона навколишнього середовища» – 21-23 жовтня 2015, м. Рівне – С. 159–160.
7. Патент на корисну модель 64836 UA, МПК C02F 1/28 (2006.01) Спосіб очистки стічних вод від сполук хрому (III) / Франчук Г.М., Бовсунський Є.О., Рябчевський О.В., Радомська М.М., Маджд С.М.; - № u201103435; заявл. 23.03.2011; опубл. 25.11.2011, бюл. № 22/2011, 2011. – 2 с.
8. Патент на корисну модель 70874 UA, МПК C02F 1/28 (2006.01) Спосіб очистки стічних вод від сполук нікелю / Франчук Г.М., Бовсунський Є.О., Рябчевський О.В.; - № u201115157; заявл. 21.12.2011; опубл. 25.06.2012, бюл. № 12/2012, 2012. – 4 с.

THE IMPEDANCE TOMOGRAPHY SYSTEM

Pidvirnyy O.[1], *Łukowski J.*[2]
[1] *Carpathian Branch of the Subbotin Institute of Geophysics, Ukraine*
[2] *Faculty of Mechatronics, Kazimierz Wielki University, Poland*

Abstract. As a result of inter-university collaboration between the Carpathian Branch of the Institute of Geophysics in L'viv and the Kazimierz University in Bydgoszcz, a modular impedance tomography system was designed and built. That system is characterized by a modular structure, which allows for expansion of the system as well as a linear or matrix configuration of the power supply and measurement electrodes. The system is controlled by software that allows full control of the impedance tomography process.
General characteristics of the impedance tomography system:
- modular design enabling the system to be expanded with additional specialized modules;
- linear or matrix configuration of power supply and measurement electrodes;
- autonomy of each electrode;
- ability to activate and select the function of a single electrode or a group of electrodes;
- innovation of system elements enabling a reorganization of system functions.

General characteristics of software:
- selection of the electrode configuration: linear - matrix;
- selection of individual electrodes or a set of electrodes to be used in the measurement process;
- selection of the type of power supply and selection of measurement technique;

Keywords: impedance tomography system, linear-matrix configuration, resistivity.

Introduction

Electrical Resistivity Tomography (ERT) is the most accurate of all electro-resistive methods. It combines the mechanism of electrical resistivity profiling (measurements along the measuring profile) and geoelectric probing (increase of depth range). The method's operation is based on the measurement of the variation of electrical properties of the medium. They are connected with the diversity of the rock mass. Data acquisition consists in the direct emission of current into the ground by current electrodes and then the measurement of the difference (decrease) of potentials by the measuring electrodes. The series of measurements is made on the basis of automatic selection of a combination of 4 electrodes, from all connected to the cable. However, this selection must be in accordance with the set type of measuring system [Wenner, Schlumberger, dipole-axial, triple- and dual-lectrode]. All data concerning the geometry of the spacing, profile length and its parameters are uploaded to the computer before the measurements are taken. The device to which the measuring system is connected, apart from recording the data, also enables continuous quality control of the measurement. This allows the operator to carry out error analysis as well as verification for correct contact of electrodes with the ground. The maximum depth range of the method is about several dozen meters[1].

For measurements (the electrical resistivity method) is most often used: Automatic Resistivity System [GF Instruments]; Multifunctional data acquisition system [Phoenix Geophysics Ltd]; Multifunctional geophysical current source transmitter [Phoenix Geophysics Ltd].

Mentioned above systems are characterized by:
- finite number of electrodes;
- finite number of system elements;
- linear electrode configuration;
- no possibility of individual selection of electrode groups;
- electrodes only perform functions consistent with the geophysical method used;
- no configuration of electrodes and profiling direction possible

1. Design of the impedance tomography system:

Assumptions:

- modular design enabling the system to be expanded with additional specialized modules;
- linear or matrix configuration of power supply and measurement electrodes;
- autonomy of each electrode;
- ability to activate and select the function of a single electrode or a group of electrodes;

Realisation

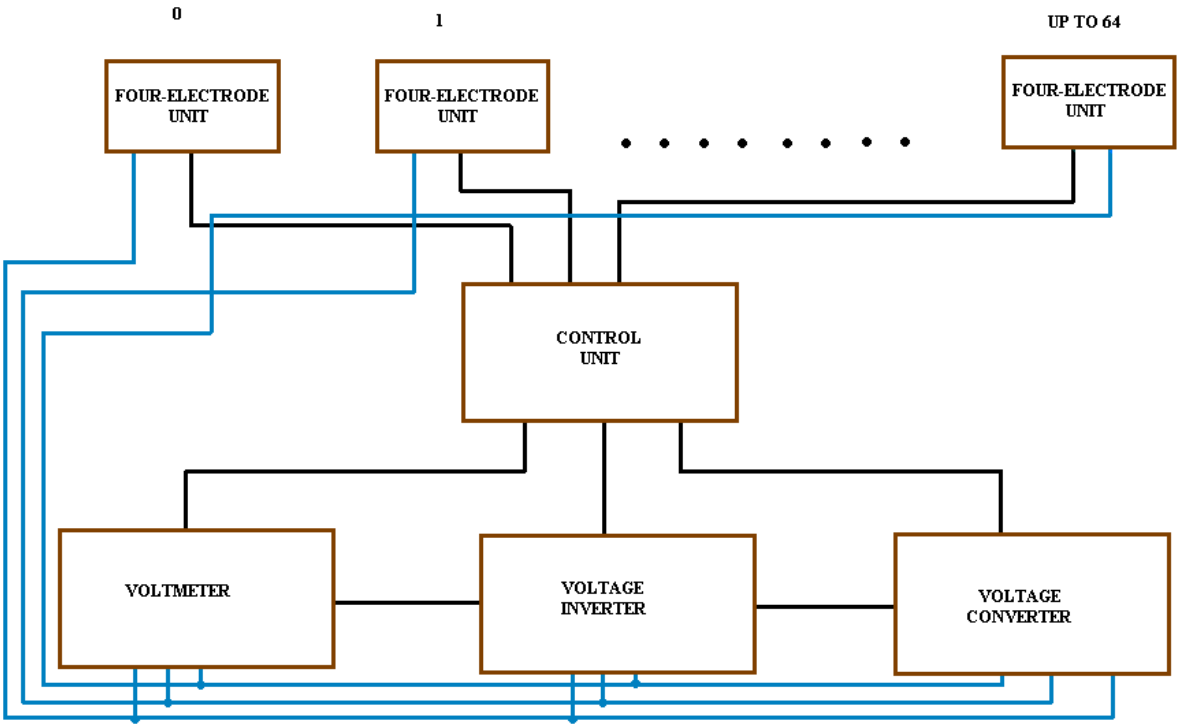


Fig 1. Scheme of the Impedance Tomography System

Control Unit:

- activation/deactivation of system elements;
- possibility of reading the spatial coordinates of electrode locations by GPS modules located in the power supply and measurement electrodes;
- activation/deactivation of electrodes;
- selection of electrode functions;
- activation/deactivation of selected four-electrode units;
- selective selection of selected four-electrode units;
- automatic or manual selection of electrode configurations; - identification of current system state parameters.

Voltmeter:

- measurements in 3 voltage measurement ranges Uab;
- measurements in two ranges of voltage Umn and current Iab;
- measurements in AC/DC mode for the current electrode configuration;
- single measurements and a set of 10 measurements.

Voltage Converter:

- automatic configuration of the converter systems depending on the electrical characteristics of the tested object;
- possibility of turning on PID feedback systems
- Iab and Uab measurements in DC mode;
- manual selection of optimal feedback parameters PID

Voltage Inverter

- generation of bipolar and polar pulses with full control of the pulse length;
- control the measurement start delay and measurement length;
- Iab and Uab measurements in DC mode;
- wide frequency range of alternating signals – 0.1 – 50 Hz.

2. Software design

Assumptions:

- automatic identification of active modules containing electrodes (group of 4 electrodes);
- the user has the opportunity to:
  - selection of the electrode configuration that was implemented (linear - matrix);
  - selection of individual electrodes or a set of electrodes to be used in the measurement process;
  - selection of the type of power supply and selection of measurement technique;
- the measurement is performed automatically and the measurement results can be saved in any format.

Individual stages of system operation are monitored through security procedures (each subsequent software element is implemented after the previous stage is completed).

Specification of software.

The basic software of the impedance tomography system enables the transfer of codes that allow you to control the processes taking place in the impedance tomography system.

The impedance tomography software contains the following elements:

a) organization of the electrode system;
b) determining the value of the current supplying the electrode system
c) selection of measurement technique;
d) selection of the type of power supply;
e) selection of measuring device and its setting;
f) measurement of electrical parameters and their recording.

Ad. a)

Selection of the range of available modules and the number of electrodes

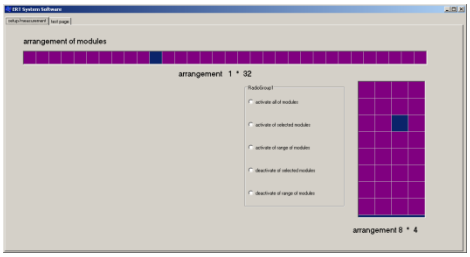


Fig 2.

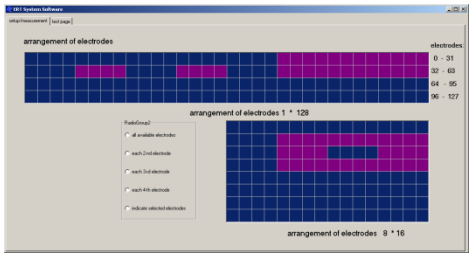


Fig 3.

The user can choose the range of available modules, which are presented in a linear and matrix arrangement (see Fig.2).

The user can select the electrode system (all electrodes, every second electrode, etc.) that will be available in the measurement (see Fig.3).

Ad. b)

Determining the value of the current supplying the electrode system



Fig.4

the user can select any 2 electrodes to determine the maximum current. The user can reduce the current value and decide whether this value should be constant during the measurement (Fig.4).

Ad. c)

Selection of measurement technique

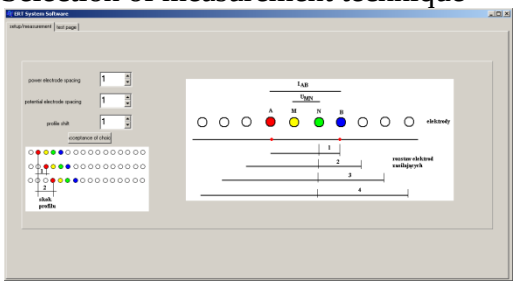


Fig.5

The user can choose 1 of 7 available measurement techniques:

- Schlumberger profiling;
- Schlumberger scanning;
- Wenner profiling;
- Wenner current profiling;
- voltage profiling;
- electric dipole;
- no-power supply profilings; [3]

and

- power electrode spacings;
- potential electrode spacings;
- profile shifts;
- linear or matrix.

Ad. d)

Selection of the type of power supply

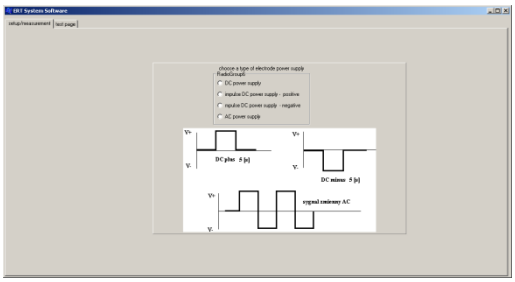


Fig. 6

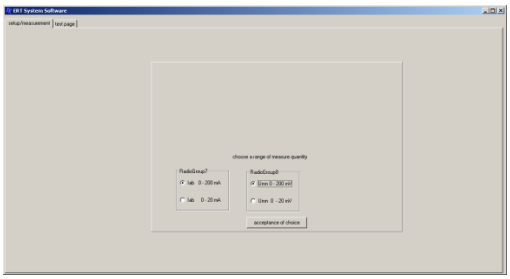


Fig.7

The user can choose 1 of 4 modes of power supply:
DC, AC, Impulse – positive, Impulse – negative (Fig.6)
Ad. d)
Selection of measuring device and its setting
The user can choose 1 of 3 meters:
voltmeter, inverter or converter with its setup (the range) (Fig.7)

Ad. f)
Measurement of electrical parameters and their recording

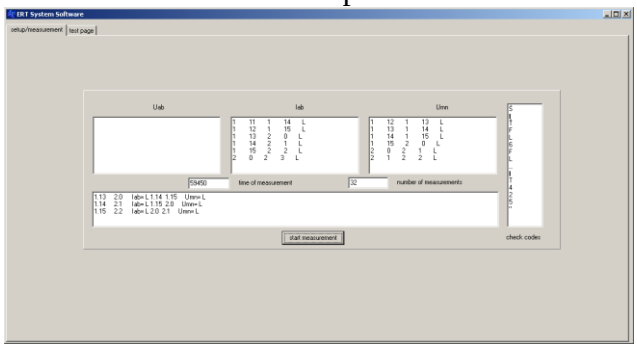


Fig 8.

Depending on the selected measurement method and the selected measuring device, the measurement panel may differ. The measurement is performed automatically, and after completing the measurement procedure, all measurement data can be saved in a file with any extension. (Fig. 8)

Final remarks

The electrode system can be powered by electricity or enable measurement of electric potential without powering the system. The number of measurement techniques used allows for obtaining a rich resource of measurement data depending on the user's requirements.

The developed software in C++ allows to control a system of 128 electrodes in a linear or matrix arrangement. The software allows to select any number of electrodes (out of 128) for the measurement process as well as control over the measurement area.

The software can be operated on computers with a touch screen, and the selection of program options largely involves selecting the appropriate button.

References

1. https://geopartner.pl/geophysics/services/methods/electrical-resistivity-tomography-ert/
2. Geophysics and Geodynamics: Prediction and Monitoring of Geological Medium, (Rastr-7, 2021, Liviv, p.31-34)
3. W. M. Telford et al., *Applied Geophysics. Second Edition* (Cambridge Univ.Press, 1990).

SPOŁECZNO – EKONOMICZNE UWARUNKOWANIA FUNKCJONOWANIA PRZEDSIĘBIORSTW SEKTORA TSL W OKRESIE PANDEMII COVID – 19

Pietras Z., Winter W.
Bydgoska Szkoła Wyższa, Polska

Streszczenie. Niniejszy artykuł zawiera pewną próbę podsumowania w zakresie społeczno – ekonomicznych uwarunkowań funkcjonowania wybranych gałęzi transportu w okresie pandemii COVID – 19 w polskiej rzeczywistości gospodarczej.
Przedstawiono wybrane dane i statystyki dla zobrazowania zarówno zagrożenia nie tylko dla zdrowia i życia społeczeństwa ale także przedsiębiorstw w tym przede wszystkim sektora TSL, uwzględniając aspekty i okoliczności funkcjonowania dla branży transportowej, tj. głównie transportu drogowego i kolejowego.
Reasumując, można pokusić się o stwierdzenie, że polskie firmy sektora TSL po zakończeniu pandemii wzmocniły się i wyszły z tego okresu w zasadzie obronną ręką.
Pomimo różnych zawirowań, wzlotów i upadków, zarówno przedsiębiorstwa branży TSL, jak i społeczeństwo polskie patrzy z optymizmem w przyszłość i oczekuje końcowego sukcesu w pokonaniu tej zarazy. Strach i lęk często towarzyszyły nam w tej pandemii i czasami przyzwyczailiśmy się do codziennych danych o liczbie zakażonych i liczbie zgonów, różnych niewygód, nieszczęść i zagrożeń. Należy mimo wszystko potrzeć w przyszłość z optymizmem i budować swoje marzenia.
Słowa kluczowe: transport, drogowy, kolejowy, sektor TSL, fracht, Covid-19.

Wprowadzenie

Od 2020 roku Polska zmagała się ze skutkami pandemii, takimi jak zamykanie granic, wprowadzenie kwarantanny w kraju, ograniczenie działalności prywatnych przedsiębiorstw, zmniejszenie liczby pracowników w całym kraju w celu obniżenia kosztów utrzymania przedsiębiorstw. W takich warunkach, związanych z nowymi zasadami działania na rynku, konieczne było wprowadzenie nowych mechanizmów dostarczania towarów i realizacji zamówień klientów, narzędzi systemu ochrony zdrowia i pracy pracowników przedsiębiorstw. Z tego powodu na początku pandemii wydajność wielu organizacji spadła, a dostosowanie procesów operacyjnych do pracy w nowej rzeczywistości stało się konieczne.

W wyniku pandemii zwiększony popyt na kupowanie towarów online doprowadził do większego wykorzystania technologii cyfrowej i wymagał od firm opracowania lepszych rozwiązań, aby maksymalnie ułatwić konsumentom dostęp do zakupu towarów, a także zoptymalizować ich działalność, aby przetrwać kryzys społeczny i gospodarczy.

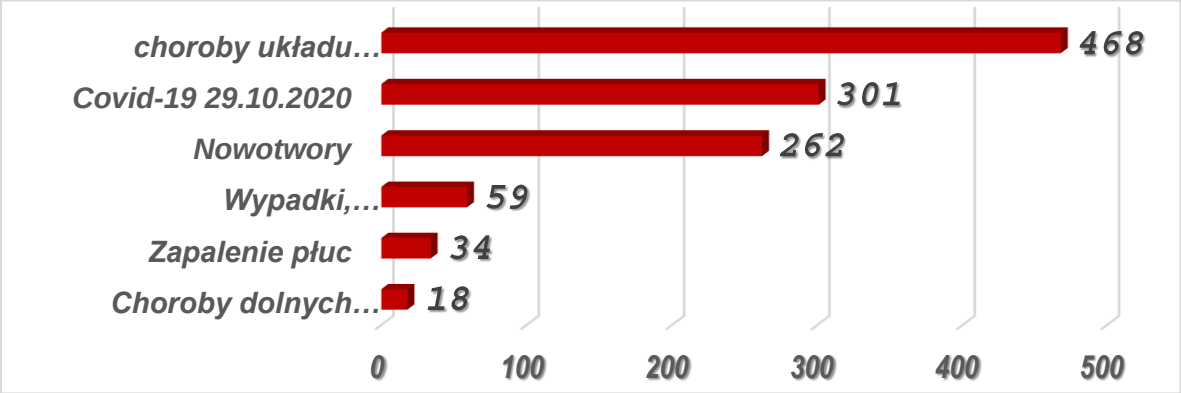
Pandemia koronawirusa stała się więc dla społeczeństwa polskiego niezwykle trudnym czasem, pełnym wyzwań, niespodzianek i walki z tą groźną sytuacją. Polacy musieli odnaleźć się w zupełnie nowej i nieznanej dotychczas rzeczywistości. Należało zmienić w znacznym stopniu organizację pracy (w tym transportu), metody nauki, ponadto zmierzyć się ze strachem o zdrowie i byt nasz i naszych bliskich.

Otóż z jednej strony zauważyliśmy zmniejszenie wydatków konsumpcyjnych, była zamknięta większość centrów handlowych, sklepów, nie korzystaliśmy z wielu rozrywek, odpoczynku i relaksu, przestaliśmy podróżować itd.

Ale jednocześnie pojawił COVID – 19, który stał się drugą przyczyną zgonów (wykres 1).

Wykres 1

Covid-19 z dn.: 29.10.2020 Druga przyczyna zgonów na tle 5 najczęściej występujących przyczyn w Polsce, w ujęciu średniodobowym



Źródło: z dn.: 2020.11.01;
https://www.facebook.com/NoscieMaszeczki/photos/a.112234757287604/143277140850032/

Wobec tego tak naprawdę trudno było znaleźć rozwiązanie tej sytuacji, i jednocześnie wskazać branżę, która nie odczuła skutków pandemii i która nie byłaby poszkodowana. Trzeba jednak zauważyć, iż w tych trudnych warunkach całkiem dobrze (bo musiały), ponieważ nie można było dopuścić do przerwania łańcuchów dostaw, funkcjonowały firmy z sektora TSL w tym zwłaszcza firmy kurierskie, gdyż proces sprzedaży w dużym zakresie został przeniesiony do sieci.

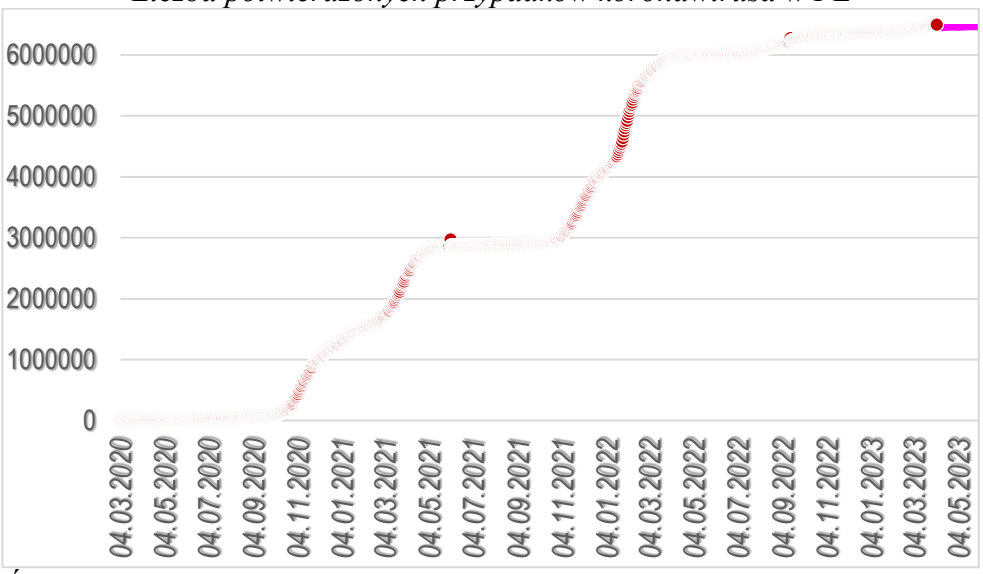
Od początku pandemii życie społeczeństwa polskiego zmieniło się diametralnie. Większość z nas przestała uczęszczać do swojego miejsca pracy i często pracę wykonywała tam, gdzie aktualnie znajdował się nasz komputer.

Wydarzenia pandemii, które zaczęły się od marca 2020 r., zmieniły w zasadniczy sposób funkcjonowanie gospodarki nie tylko w Polsce, ale również i na całym świecie.

Szybkie i gwałtowne rozprzestrzenianie się wirusa COVID – 19 (wykres 2), reakcje poszczególnych państw ograniczające aktywność gospodarczą w celu minimalizowania kontaktów społecznych sprawiły, że dotychczasowe uwarunkowania prowadzenia działalności gospodarczej zmieniły się w sposób radykalny.

Wykres 2

Liczba potwierdzonych przypadków koronawirusa w PL

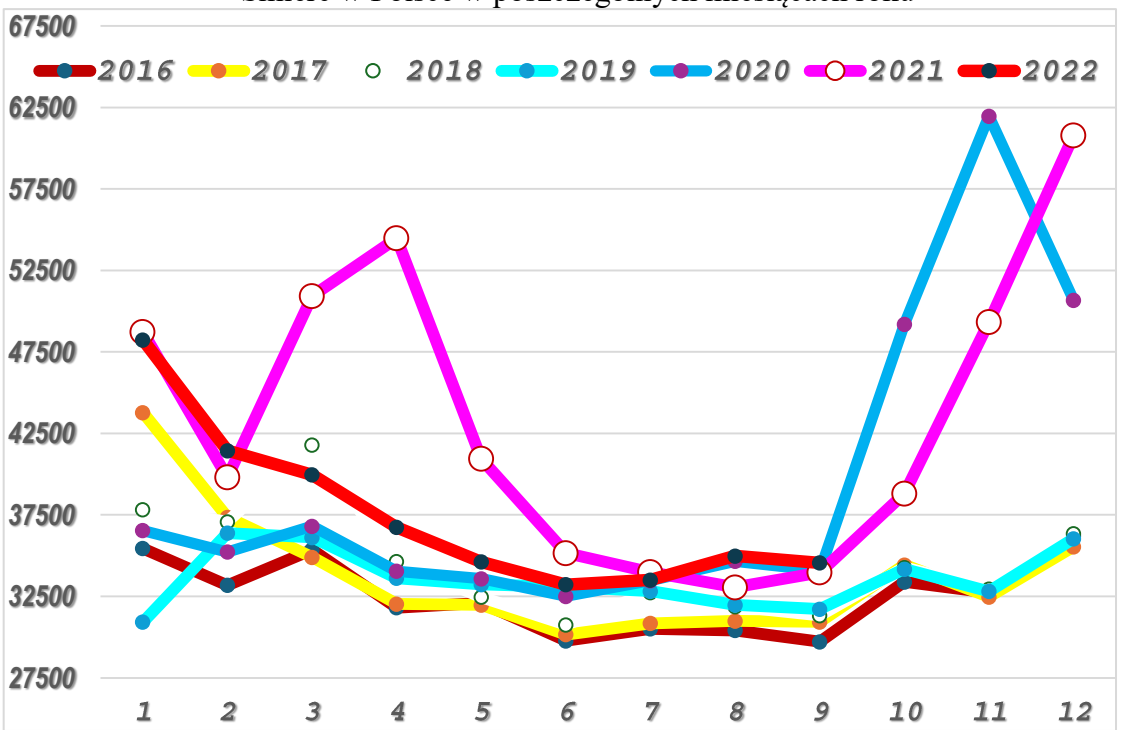


Źródło: Pietras Z. na podst.: https://www.gov.pl/web/koronawirus/wykaz-zarazen-koronawirusem-sars-cov-2 *(dane zbierane codziennie).*

Trudna sytuacja społeczno – ekonomiczna dotknęła całe społeczeństwo polskie, w tym również klientów i sprzedawców. Zakupy dokonywane przez klientów przeniosły się w dużym stopniu do świata wirtualnego. Również sprzedawcy podjęli wyzwanie wprowadzenie nowych metod w prowadzeniu działalności handlowej w swoich punktach stacjonarnych.

Wykres 3

Śmierć w Polsce w poszczególnych miesiącach roku



Źródło: Pietras Z. opracowanie na podstawie Ministerstwo Cyfryzacji danych z Urzędów Stanu Cywilnego.

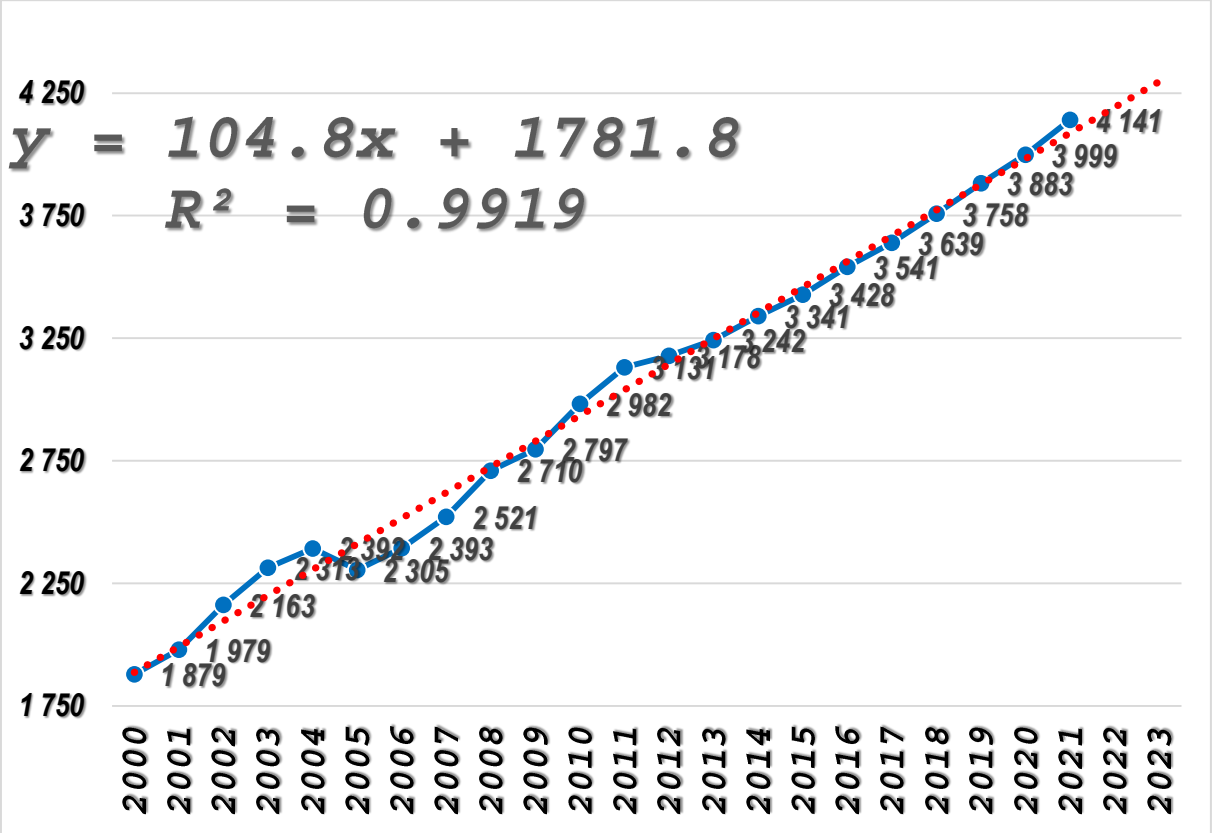
Przedsiębiorcy, którzy chcieli z sukcesem przejść ten etap restrykcji musieli dostosować się do tej rzeczywistości. Byli niejako zmuszeni do zrozumienia na nowo potrzeb oraz oczekiwań rynkowych poprzez odpowiednie dopasowanie swojego biznesu i ofert do tych wyzwań, które przyniósł ze sobą COVID-19 (wykres 3).

Sektor transportowo-logistyczny Polski został mocno dotknięty pandemią. W 2020 r. wolumen ruchu spadł, jednak sytuacja nieco ustabilizowała się na początku 2021 r., kiedy popyt na usługi transportowe wzrósł o 40%. Najpopularniejsze kierunki eksportu z Polski to Niemcy, Wielka Brytania, Holandia i Francja. W 2021 r. liczba ciężarówek na drogach krajowych wzrosła o prawie 20% w porównaniu z analogicznym okresem 2020 r. Praca przewozowa w transporcie drogowym wzrosła w 2020 r. o 410 mln ton.

W związku z tym polskie firmy transportowe zaczęły intensywnie kupować nowe ciągniki siodłowe (wykres 4), których liczba na koniec marca 2021 r. wzrosła o 127% rok do roku, czyli 3 razy więcej niż średnia w UE[232].

Wykres 4

Park samochodów ciężarowych (łącznie z ciągnikami siodłowymi)



Źródło: Pietras Z. na podstawie danych GUS.

Stawki za przewozy towarowe na drogach europejskich wzrosły w październiku 2020 r. i przekroczyły poziom sprzed kryzysu. Indeks cen taryf spotowych dla europejskiego transportu towarowego w październiku 2020 r. był o 1,2% wyższy niż w październiku 2019 r. Był również wyższy o 3,6% w porównaniu z wrześniem 2020 roku. Co ciekawe, wzrost stawek frachtowych (wykres 5) nastąpił w związku ze spadkiem kosztów paliwa, chociaż zwykle oba zmieniają się w porozumieniu[233]. W listopadzie 2020 r. sektor logistyczny UE odnotował wzrost ruchu

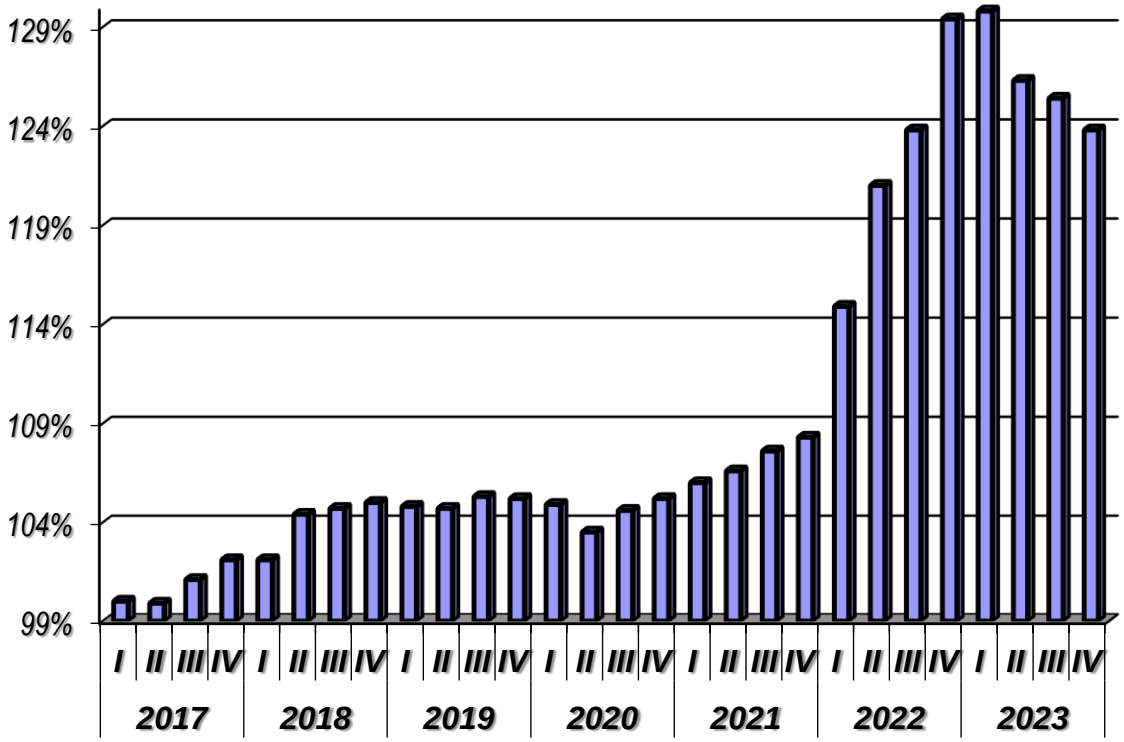
[232] Głównym wyzwaniem są zasoby i zwiększenie efektywności. URL: https://serwisy.gazetaprawna.pl/transport/artykuly/8387371,glownym-wyzwaniem-sa-zasoby-i-zwiekszenie-efektywnosci.html

[233] Europe Freight and Logistics Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2021 - 2026). 2021. 120 p.

drogowego o 12,8%, a co za tym idzie odnotowana została także zwiększona praca przewozowa (wykres 6, 7)

Wykres 5

Wzrost cen frachtu drogowego



Źródło: Pietras Z., https://index1520.com/upload/medialibrary/40f/content_img.jpeg, z dn. 2022.11.05, i na podstawie danych Europejski benchmark stawek frachtu drogowego.

Jeśli chodzi o transport kolejowy, należy podkreślić pozytywne punkty - zmiany w tej formie transportu zachodzące w ostatnich latach w Polsce. Zmiany te nastąpiły dzięki liberalizacji przepisów transportowych przyjętych w dyrektywach UE.

Głównymi przeszkodami w rozwoju transportu kolejowego były opłaty za korzystanie ze wszystkich torów (w przypadku autostrad – 0,9%) oraz słaba infrastruktura transportu kolejowego. Popyt na usługi transportowe wzrósł w latach 2021-2022, a w niektórych regionach kraju stał się nawet wyższy niż przed pandemią.

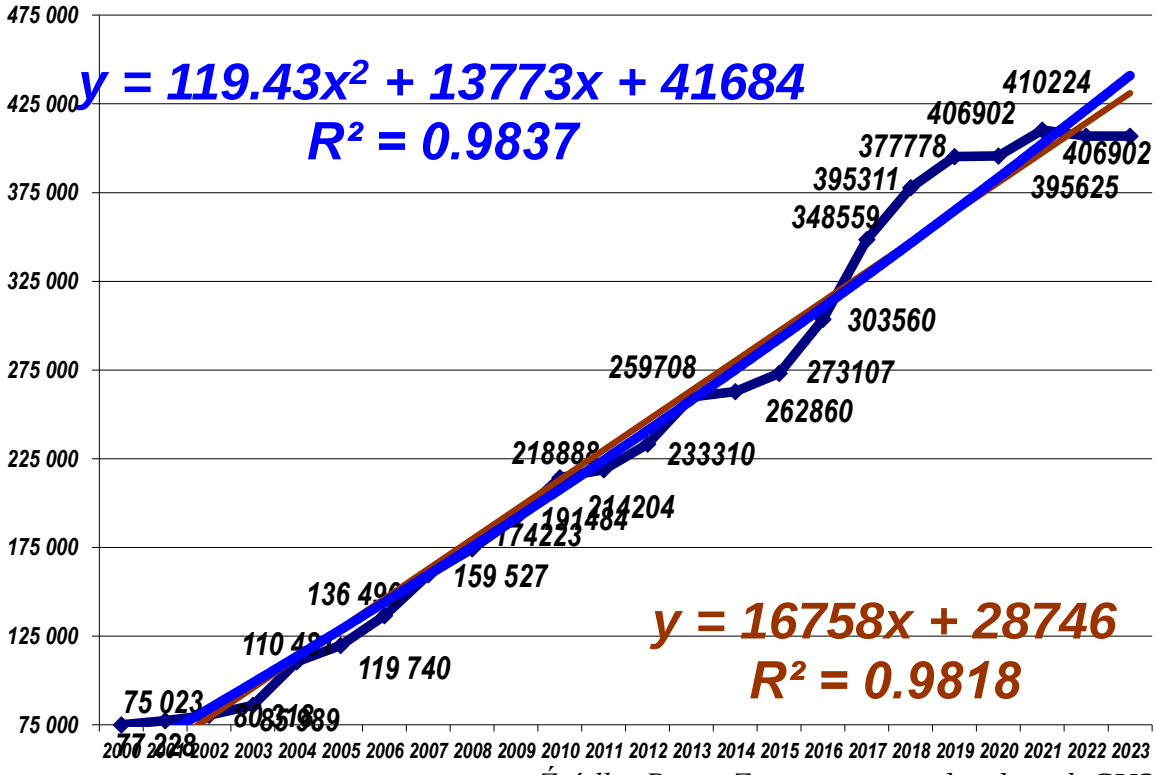
W analizowanym okresie obserwowano niewielkie fluktuacje w dynamice transportu towarów koleją. Tak więc w latach 2016 i 2019 roku nastąpił spadek ilości przewożonych towarów koleją, podczas gdy w latach 2020 – 2023 odzyskano wolumen przewozów i nastąpił wzrost (wykres 8,9).

Na polskim rynku usług logistycznych w 2019 r. zarejestrowano ponad 80 kolejowych firm transportowych, które posiadały odpowiednie licencje. Liderami wśród przewoźników kolejowych była przede wszystkim firma: PKP Cargo (50%), natomiast pozostali (23%), w tym zwłaszcza DB Schenker (20%) oraz Grupa CTL (6,5%)[234].

[234] Jezierski Andrze. Konkurencja na rynku usług logistycznych w Polsce, Sep 28, 2020. p. 90

Wykres 6

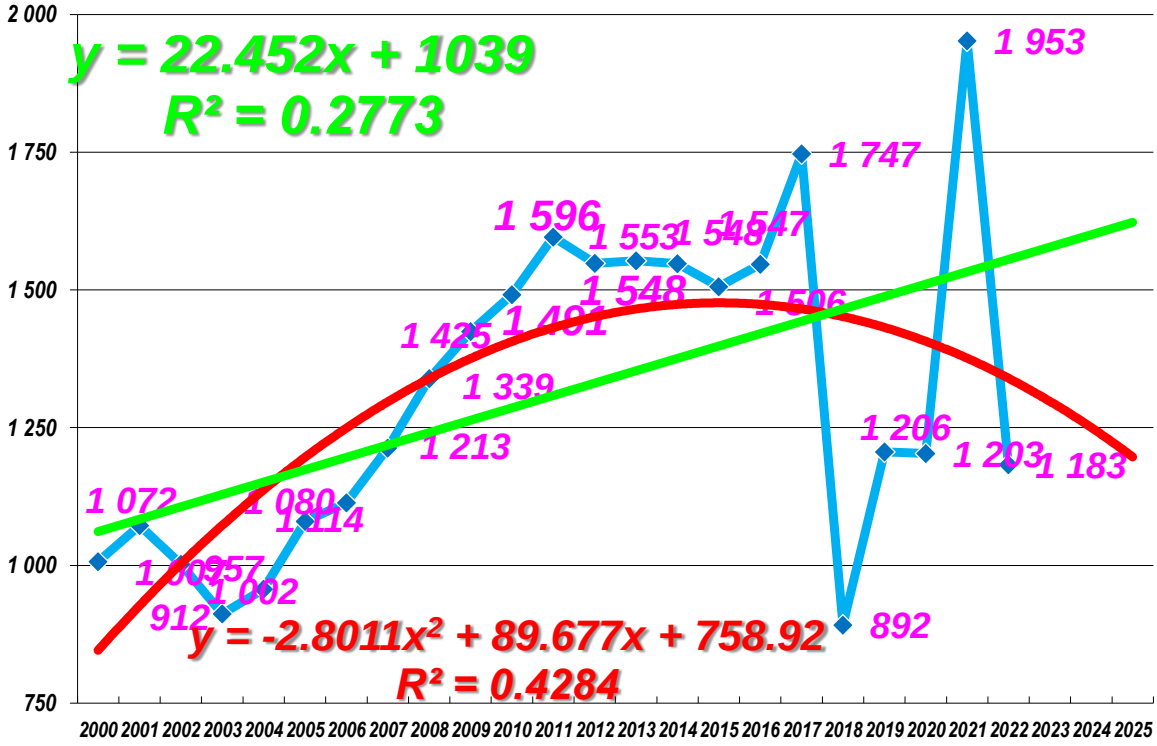
Praca przewozowa w transporcie samochodowym towarów wraz z prognozą
[dane w mln tkm]



Źródło: Pietra Z., oprac. na podst. danych GUS.

Wykres 7

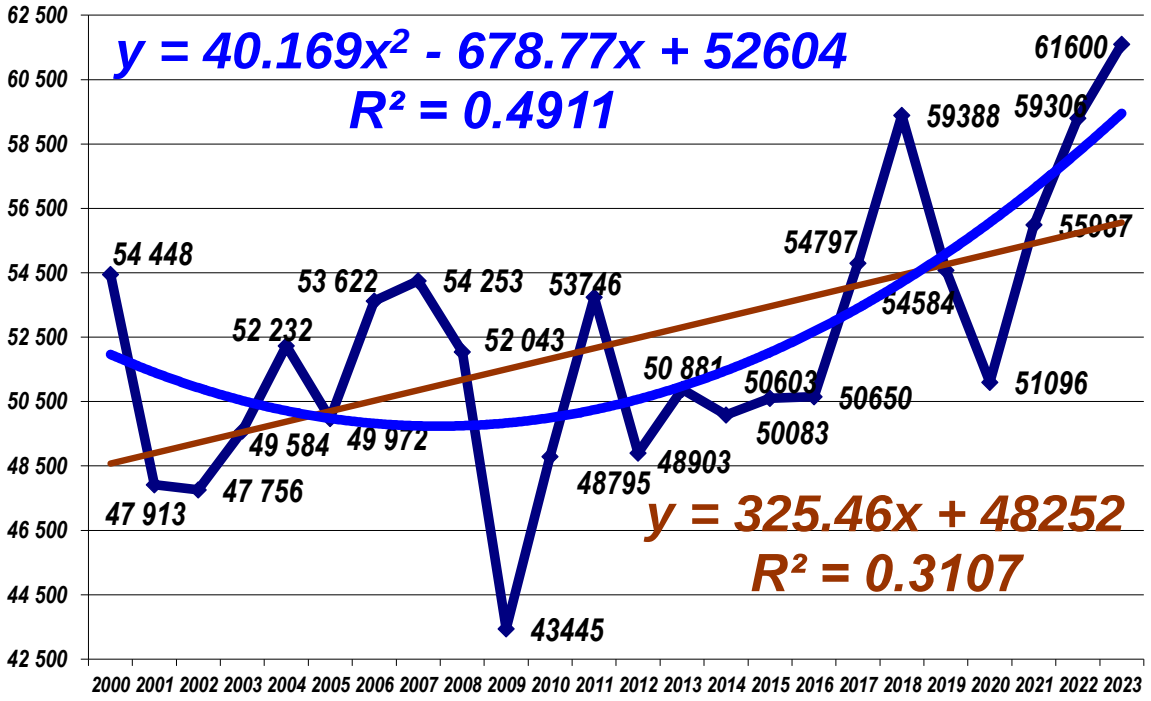
Tonaż ładunków w transporcie samochodowym wraz z prognozą
[dane w mln t]



Źródło: Pietra Z., oprac. na podst. danych GUS.

Wykres 8

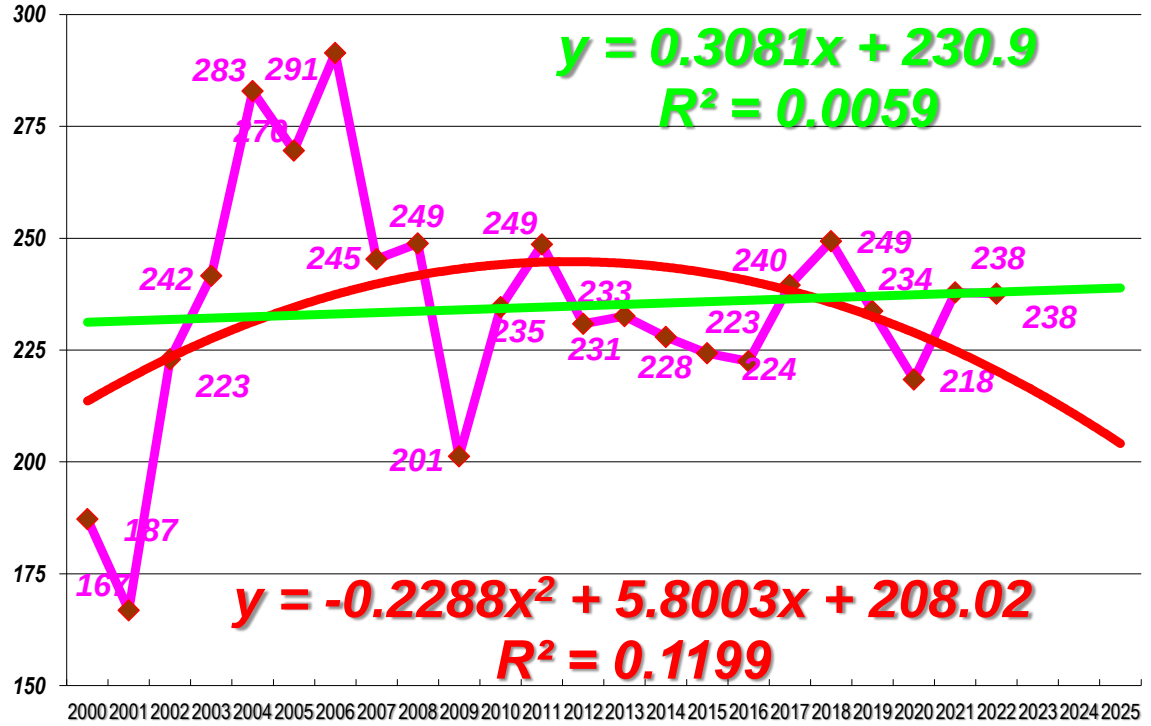
Praca przewozowa w transporcie kolejowym towarów wraz z prognozą
[dane w mln tkm]



Źródło: Pietra Z., oprac. na podst. danych GUS.

Wykres 9

Tonaż ładunków w transporcie kolejowym wraz z prognozą
[dane w mln t.]



Źródło: Pietras Z. oprac. na podst. danych GUS.

Działania firm i przedsiębiorców podczas pandemii

Pandemia przyczyniła się do natychmiastowej zmiany ogólnej strategii i założeń, którymi kierowały się poszczególne firmy w swojej działalności gospodarczej. Sytuacja covidowa dotknęła nie tylko przedsiębiorców, ale też konsumentów, którzy jak wiadomo, zasadniczo zmienili swoje podejście do realizowania swoich zakupów.

Wielu analityków jest zdania, że polska gospodarka w mniejszym stopniu odczuła konsekwencje pandemii niż inne kraje europejskie. Są tu brane pod uwagę trzy podstawowe czynniki.

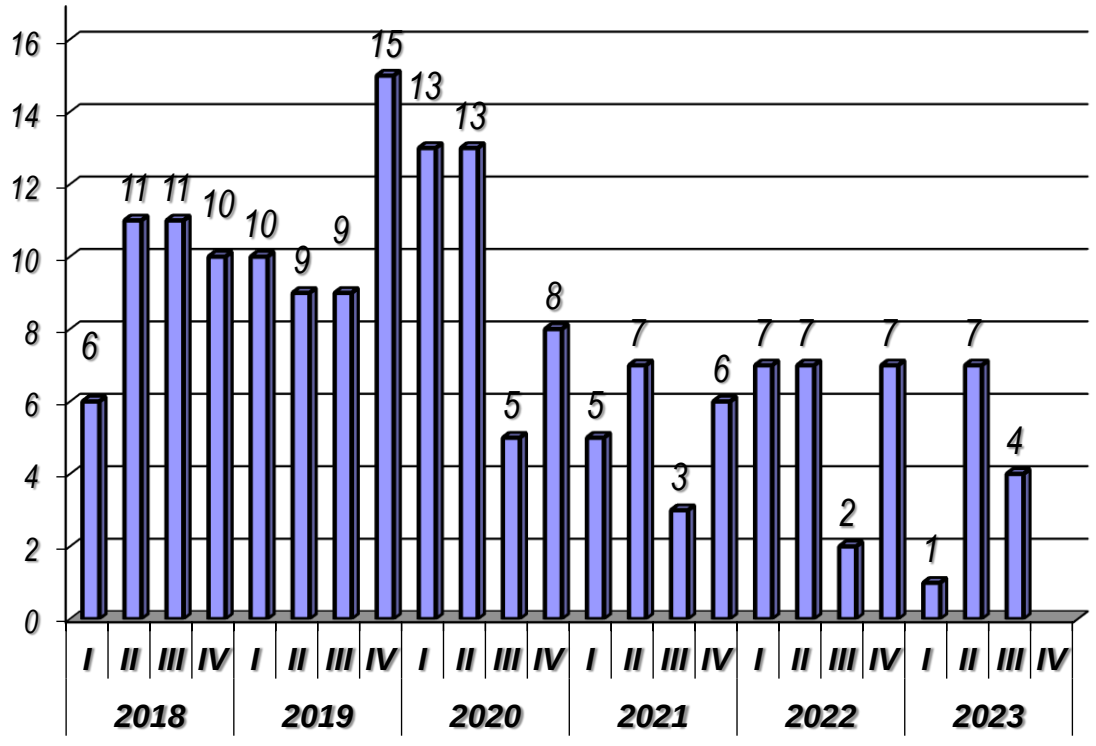
Po pierwsze dlatego, że w porównaniu np. z niemiecką – polska gospodarka jest w znacznie mniejszym stopniu uzależniona od eksportu i słabiej powiązana z gospodarką chińską.

Po drugie, branża turystyczno – rozrywkowa stanowi niższy procent PKB w przeciwieństwie do krajów południowej Europy, a ponadto polska gospodarka jest też nieźle zdywersyfikowana w porównaniu do tych krajów.

Po trzecie, wyższe tempo wzrostu gospodarczego w Polsce, w porównaniu z Niemcami, czy innymi państwami zachodnimi, daje większą przestrzeń przed powstaniem potencjalnej dekoniunktury.

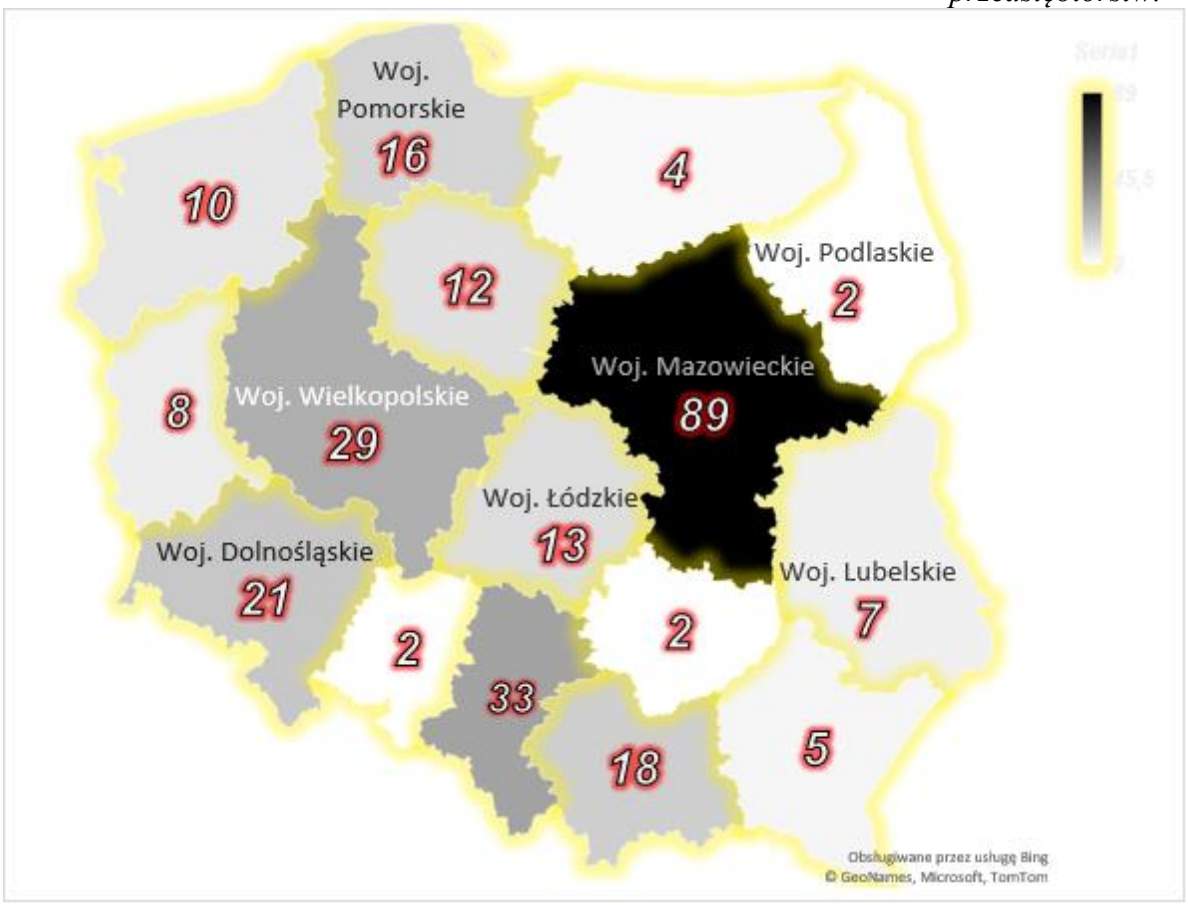
W branży transportowej zdarza się, że terminy płatności na fakturach przekraczają 30 czy nawet 60 dni, ale problem dotyczy także innych gałęzi gospodarki. W przypadku dużych zleceń, a co za tym idzie – także dużych kwot, konieczność oczekiwania aż dwóch miesięcy na zapłatę za wykonaną usługę czy dostarczony towar może doprowadzić firmę do niemałych kłopotów finansowych.

Nieopłacone w terminie należności nawarstwiając się, mogą doprowadzić do sytuacji, w której firma usługodawca nie będzie mogła uregulować własnych zobowiązań. Blokada dostępu do środków wynikająca z opóźnień w płatnościach sprawi, że pogorszeniu mogą ulec nie tylko relacje biznesowe, ale także morale pracowników (jeżeli opóźnienie wpłynie na wypłaty wynagrodzeń) co w efekcie może doprowadzić do upadłości.



Rys. 1 Liczba upadłości w Polsce

Źródło: Pietras Z., opracowanie na podstawie GUS, Rejestracje i upadłości przedsiębiorstw.



Rys. 1 Upadłości wg województw [dane za 2022]
Źródło: Pietras Z., opracowanie na podstawie https://www.coig.com.pl/2022-upadlosci-firm_wrzesien.php, z dn.: 2022.10.20

Gospodarka po pandemii

Polska gospodarka ma za sobą ponad czteroletni tj. dwa lata pandemii i dwa lata po pandemii; przed nami rodzi się zatem podstawowe pytanie: Co dalej i jaki będzie ostateczny rezultat skutków społeczno – ekonomicznych pandemii w roku 2024?

Recesja polskiej gospodarki, w porównaniu do innych krajów europejskich, jest znacznie mniejsza. Oczywiście, na stabilizację gospodarki, jej przyszły wzrost, decydujący wpływ ma przede wszystkim sam przebieg pandemii oraz tzw. krzywa epidemiologiczna.

Jeżeli chodzi o gospodarkę polską, to wielu ekonomistów twierdzi, że jest zbyt wcześnie na ogólne prognozy. Dokładnie nie wiadomo, jaki będzie scenariusz rozwoju gospodarczego, ponieważ jak wiadomo, na rozwój pandemii ma zasadniczo wpływ samodyscyplina całego polskiego społeczeństwa, o czym wielokrotnie mówią i monitorują władze.

Przewidywania dotyczące gospodarki po pandemii w warunkach wielkiej niepewności – to jest zbyt wielkie ryzyko. Uwarunkowania społeczno – ekonomiczne w okresie pandemii i konsekwencje gospodarcze stają się na chwilę obecną trudne do oszacowania. Tak naprawdę nie wiadomo do końca, jak będzie wyglądała przyszłość.

Wydaje się, że polska gospodarka będzie potrzebowała odpowiedniego czasu, aby wrócić do normalności; dotyczy to także gospodarek innych państw, a osiągnięcie równowagi gospodarczej będzie trudne. Społeczeństwo natomiast musi się odnaleźć i dostosować do nowej sytuacji po pandemicznej.

Co czeka firmy po pandemii?

Z danych rządowych wynika, że ok. 62% przedsiębiorców nieznacznie odczuwa skutki panującego kryzysu gospodarczego, zaś 26% potwierdziło dość poważne konsekwencje pandemii, a 5% na takie skutki, które bezpośrednio zagrażają stabilności w funkcjonowaniu przedsiębiorstw. Z kolei 7% ankietowanych oświadczyło, że nie doznało żadnych negatywnych skutków pandemii.

Oznacza to, ta grupa przedsiębiorstw, która doświadczyła niewielkich trudności związanych bezpośrednio z pandemią, to przedsiębiorcy ci wskazywali na potrzebę wdrażania nowych rozwiązań gospodarczych oraz na odkrywaniu nowych rynków zbytu. Natomiast inna grupa przedsiębiorstw, która także doświadczyła niewielkich niedogodności związanych z pandemią, najczęściej wskazywała na konieczność wdrażania nowych innowacji i odkrywania nowych rynków, np. na tworzeniu bardziej cyfrowego środowiska w przedsiębiorstwie, na zaimplementowaniu nowoczesnych technologii w biznesie (digitalizacji w biznesie).

Badania ankietowe jakie przeprowadzono w tym czasie potwierdziły, że najbardziej popularna stała się praca zdalna (ok. 97%). W przypadku inicjatyw środowiskowych, to ponad 70% badanych przedsiębiorstw podjęło prace, które zmierzają do bardziej ekonomicznego zużycia energii.

Mając na uwadze prognozy przedsiębiorstw, to ok. 50% z nich planuje wdrożenie automatyzacji i robotyzacji procesów biznesowych; jest to dość znaczna wielkość, która napawa optymizmem. Również ponad 50% badanych planuje wykorzystać odnawialne źródła energii, rozwijać procesy wytwarzania nowych towarów i produktów oraz usług bardziej przyjaznych i akceptowalnych dla środowiska.

Bibliografia

1. Mały rocznik statystyczny Polski, 2022-2000, wyd. GUS.

Netografia

1. Serwis Rzeczypospolitej Polskiej, Raport zakażeń koronawirusem (SARS-CoV-2), https://www.gov.pl/web/koronawirus/wykaz-zarazen-koronawirusem-sars-cov-2.
2. Główny Urząd Statystyczny, z dn.: 2024.03.31, https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ludnosc/ludnosc/zgony-wedlug-miesiecy,38,2.html.
3. Europejski benchmark stawek frachtu drogowego

BADANIE DYLATOMETRYCZNE STALI STOPOWEJ 42CRMO4

Piotrowska A., Łazarska M.
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Wydział Inżynierii Materiałowej, Bydgoszcz, Polska

Streszczenie. Przeprowadzono badanie dylatometryczne dla stali stopowej 42CrMo4. Przedstawiono kinetykę przemian fazowych zachodzących w warunkach ciągłego chłodzenia. Temperatury początku i końca przemian przechłodzonego austenitu określono z wykorzystaniem dylatometru stosowanego w przemyśle, do badania większych wymiarów próbek. Potwierdzeniem przemian fazowych zachodzących podczas ciągłego chłodzenia stali były zmiany powstające w mikrostrukturze badanej próbki, ale również zmiany jej objętości i wydłużenia pod wpływem temperatury, dostrzegalne na krzywych dylatometrycznych. Wykorzystano do badań stal o szczególnych właściwościach, ze względu na jej zastosowanie, mianowicie do wyjątkowo silnie obciążonych części maszyn i urządzeń. W wyniku otrzymanej, mieszanej struktury stal 42CrMo4 powinna charakteryzować się wysoką wytrzymałością. W związku z wymaganiami stawianymi badanej stali istotnym staje znajomość zjawisk fizycznych zachodzących podczas jej obróbki cieplnej.
Słowa kluczowe: dylatometria, hartowanie, ferryt, austenit.

Wprowadzenie

Na przestrzeni ostatnich lat rozwój technik pomiarowych doprowadził do powstania różnych metod badawczych. Umożliwiło to wykonywanie precyzyjnych analiz chemicznych, czy fizycznych materiałów o różnych właściwościach. Szczególną uwagę zyskały badania dylatometryczne, które ze względu na swoją wszechstronność oraz charakter są stosowane w wielu dziedzinach nauki oraz przemysłu. Wykorzystywane są w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym, w budownictwie, w technologii cienkowarstwowej, ale także w przemyśle chemicznym, czy ceramicznym. Badania dylatometryczne są ważnym narzędziem stosowanym w analizie termicznych właściwości badanych materiałów [1]. Dylatometr umożliwia badanie zmian wymiarowych różnych materiałów, między innymi metali, polimerów, ceramiki ale także szkieł [2-5].

W badaniach metali i ich stopów testy dylatometryczne umożliwiają w szczególności wyznaczenie początku i końca przemian fazowych, które zachodzą w wyniku założonych zabiegów cieplnych. Ponadto celem tych badań jest wyznaczenie współczynnika liniowej rozszerzalności cieplnej [6-8]. Badania dylatometryczne są ważnym narzędziem w badaniu i projektowaniu materiałów i procesów.

Obróbkę cieplną metali i ich stopów stosuje się w celu polepszenia i kształtowania ich własności mechanicznych i fizykochemicznych do potrzeb i wymagań eksploatacyjnych. Zabieg ten polega na wywołaniu zmian strukturalnych stopów w stanie stałym w wyniku podnoszenia lub obniżenia temperatury obrabianych cieplnie materiałów. Obróbka cieplna znana i wykonywana była od dawna, od kiedy zaczęto wyrabiać broń oraz narzędzia codziennego użytku [9]. Rzemieślnicy osiągali wówczas imponujące właściwości obrabianych cieplnie przedmiotów, jednak to dopiero od końca XIX wieku nastąpił rozwój metaloznawstwa i dopiero wówczas zdefiniowano obróbkę cieplną. Od tego czasu obserwuje się nieograniczony postęp technologii związanej z obróbką cieplną metali i ich stopów. W wyniku zabiegów cieplnych, polegających na nagrzewaniu jak i chłodzeniu stopów metali zachodzą w nich przemiany fazowe. Następstwem ich są zmiany mikrostruktury co z kolei prowadzi do zmiany właściwości badanych materiałów. W inżynierii metali największe znaczenie mają przemiany przechłodzonego austenitu w ferryt, perlit, bainit i martenzyt. Odpowiednio dobrane i przeprowadzone warunki obróbki cieplnej prowadzące do uzyskania pożądanej przemiany mają zasadniczy wpływ na własności i w konsekwencji eksploatację gotowych wyrobów przemysłowych.

Stal zastosowana do badań 42CrMo4 to stal stopowa, często wykorzystywana w przemyśle do produkcji części maszyn i urządzeń nierzadko pracujących w trudnych warunkach. Między innymi stosowana na silnie obciążone elementy o większych średnicach, którymi mogą być wały, osie, koła zębate oraz łańcuchowe, sworznie, cylindry. Elementy te bywają wystawione na różne obciążenia oraz zużycie, dlatego obróbka cieplna przeprowadzona w celu polepszenia ich właściwości ma ogromne znaczenie. Natomiast znajomość zjawisk zachodzących podczas zabiegów cieplnych pozwala w efekcie osiągnąć odpowiednie parametry badanych materiałów.

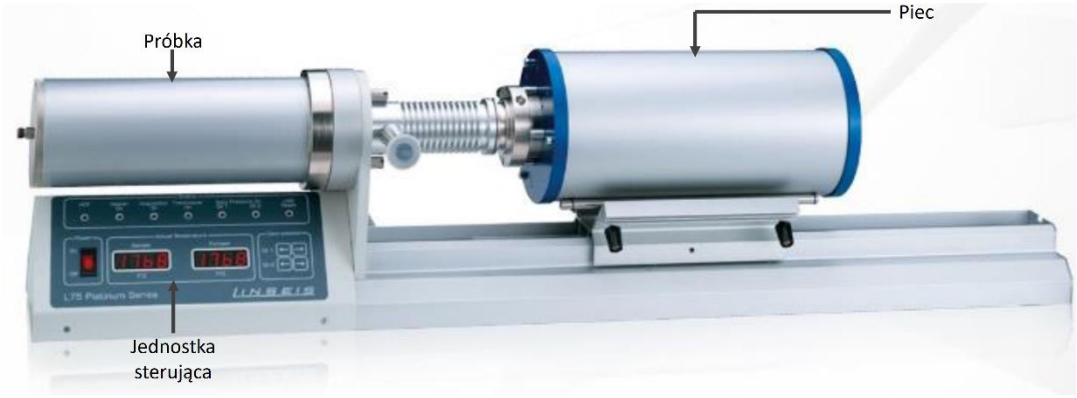
Materiały i metody

Do przeprowadzenia badań zastosowano stal 42CrMo4. Analizę składu chemicznego badanego materiału przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład chemiczny stali 42CrMo4 (% wag.)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Cu
0,38	0,64	0,23	0,019	0,013	0,99	0,16	0,17

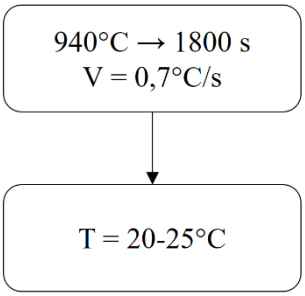
Do wyznaczenia krzywych dylatometrycznych wykorzystano dylatometr Linseis L75HX 1000, który przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Dylatometr Linseis L75HX 1000

Dylatometr Linseis L75HX to urządzenie umożliwiające pomiar zmiany bezwzględnej długości próbki oraz określonych zmiennych oraz współczynnika rozszerzalności cieplnej w funkcji temperatury i czasu. Zmiana długości próbki jest rejestrowana za pomocą systemu pomiarowego a jej wykrycie odbywa się za pośrednictwem czujnika przemieszczeń liniowych LVDT (Linear Variable Differential Transformer). Konstrukcja urządzenia umożliwia na jego najwyższą dokładność, powtarzalność i stabilność. Na budowę dylatometru składa się zespół pomiarowy oraz sterujący urządzeniem oraz zestaw komputerowy z precyzyjnym oprogramowaniem do rejestracji oraz obróbki wyników w postaci krzywych dylatometrycznych. Nagrzewanie próbki następuje za pomocą pieca w skład którego wchodzą: osłony termiczne, wentylator, podłączenie zasilania, sterowania oraz element grzewczy.

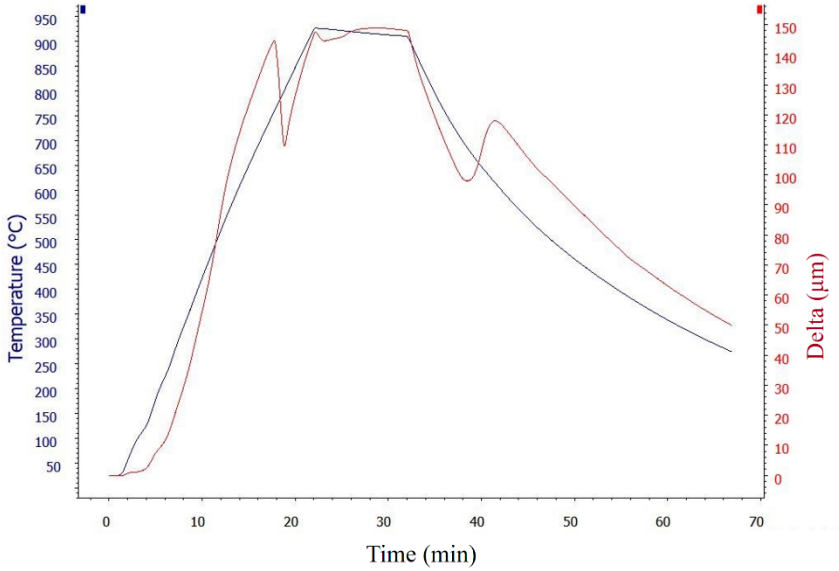
Do badań wykonano próbki okrągłe o średnicy 10 mm i długości 20 mm. Próbki austenityzowano w temperaturze 940ºC, wytrzymano w tej temperaturze przez 900 s. i w ostatnim etapie schłodzono powietrzem. Schemat operacji obróbki cieplnej ukazano na rys. 2.



Rys. 2. Schemat procesu obróbki cieplnej

Wyniki badań

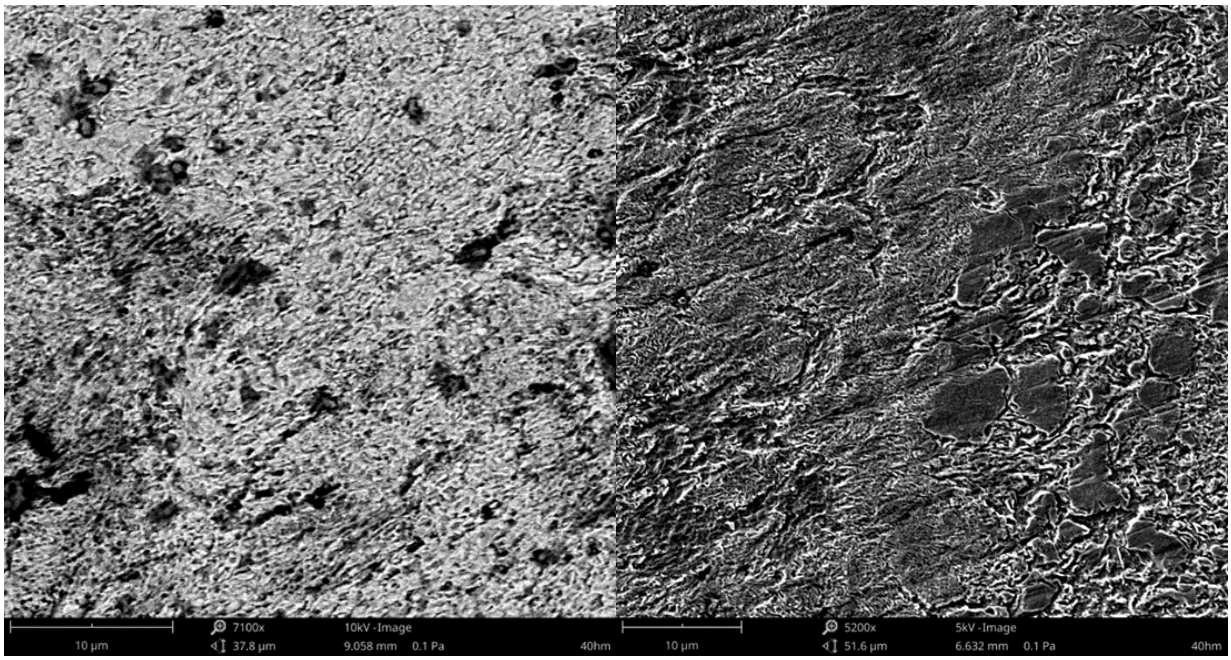
W wyniku przeprowadzonych badań dylatometrycznych otrzymano krzywą dylatometryczną, którą przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Krzywa dylatometryczna dla stali 42CrMo4

Pierwsze zmiany współczynnika kierunkowego krzywej dylatometrycznej dla badanej stali zachodzą w temperaturze ok. 90ºC. Temperatura tych zmian wskazuje na początek odpuszczania martenzytu tetragonalnego w martenzyt regularny. Następnie od temperatury 750ºC zachodzi przemiana perlitu w austenit, powodując skurcz stali. Po etapie wytrzymania w temperaturze 940ºC następuje chłodzenie powietrzem badanej próbki. W wyniku schładzania stali można zaobserwować początek przemiany austenitu w ferryt oraz perlit.

Dodatkowo wykonano zgłady metalograficzne badanej próbki stalowej. Obserwację przygotowanych próbek przeprowadzono z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego Phenom XL wyposażonego w czterosegmentowy detektor elektronów wstecznie rozproszonych. Taka konfiguracja pozwala na uzyskanie ostrych obrazów mikrostrukturalnych, które można zobaczyć na rys. 4.



Rys. 3. Obrazy mikrostruktury stali 42CrMo4

Obrazy mikrostruktury wskazują na obecność takich składników strukturalnych jak ferryt, perlit oraz martenzyt.

Wnioski

1. W czasie badań dylatometrycznych odpuszczanie przeprowadzono w dylatometrze, zachowano stosunkowo wolny przyrost temperatury w czasie grzania próbki co zapewniło parametry grzania zbliżone do stanu równowagi fazowej.
2. Zmiany współczynnika kierunkowego krzywej dylatometrycznej wystąpiły w temperaturze ok. 90ºC. Takie warunki termiczne świadczą o początku odpuszczania martenzytu tetragonalnego w regularny.
3. Przemiana perlitu w austenit powoduje skurcz badanej stali. Przemiana austenityczna zaczyna się w temperaturze ok.750ºC.
4. Badania dylatometryczne wykonano w dylatometrze przemysłowym Linseis L75HX 1000, do badań próbek stalowych o większych wymiarach jak konwencjonalne i może być wykorzystane do opracowania parametrów obróbki stali stopowej 42CrMo4 także w warunkach przemysłowych.
5. Na podstawie otrzymanych wyników w formie krzywych dylatometrycznych można obliczyć czas trwania przemian fazowych zachodzących podczas nagrzewania i chłodzenia metali i ich stopów.
6. Przemianie austenitu w ferryt i perlit podczas chłodzenia stali towarzyszy wzrost objętości.

This work was co-financed by the Polish
Minister of Science under the program “Regional Initiative of Excellence”

Bibliografia

1. Hunkel M., Surm H., Steinbacher M., (2018). Dilatometry. Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry.
2. Menczel J.D., Prime R.B. (Eds.), (2014). Thermal Analysis of Polymers: Fundamentals and Applications, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
3. Basu B., Vleugels J., Van Der Biest O., (2014). Transformation behaviour of tetragonal zirconia: role of dopant content and distribution, Mater. Sci. Eng. A
4. Trusova E.A., Khrushcheva A.,Vokhmintcev K.V., Titov D. (2013). Dilatometric sintering study of fine-grained ceramics from ultradispersed admixture composed of Ce0.09Zr0.91O2 and MgO–Al2O3, Journal of the European Ceramic Society.
5. Rabarijoely S. (2008), The use of dilatometer test for the determination of undrained shear strength in organic soils, Department of Geotechnical Engineering.
6. Krbaťa M., Cíger R. (2021). Dilatometric analysis tool steel X153CrMoV12, Science & Military.
7. Andrés Felipe Santacruz-Londoño, Oscar Rios-Diez, José A. Jiménez, Carlos Garcia-Mateo, and Ricardo Aristizábal-Sierra (2020). Microstructural and Mechanical Characterization of a Nanostructured Bainitic Cast Steel, Metals.
8. Ahmed Ismail Zaky Farahat, (2008). Dilatometry determination of phase transformation temperatures during heating of Nb bearing low carbon steels, Journal of Materials Processing Technology.
9. Dobrzański A., (2007). Podstawy kształtowania struktury i właściwości materiałów Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.

DEPENDENCES OF DYNAMIC PROCESSES FROM THE PARAMETERS OF THE KNITTING SYSTEM

Pleshko S., Kovalyov Y.
Kyiv National University of Technology and Design, Ukraine

Abstract. The purpose of the research is to analyze the influence of parameters of the knitting system on the dynamic processes occurring during the operation of the knitting machine.
Modern methods for determining the impact of knitting system parameters on dynamic loads are used in the research.
To investigate the effect of knitting system parameters on the magnitude of maximum dynamic loads (maximum load in the needle impact zone on the wedge and at the wedge attachment point), dependencies of loads on knitting system elements are constructed based on the studied parameters: wedge profile angles, friction between the needle and wedge pair (needle-presser bar), machine speed, technological load magnitude, etc.
The scientific novelty is exploring of the influence of the knitting system parameters on the value of the maximum dynamic loads of the knitting machine, while the practical significance involves the development of an engineering method for determining the impact of knitting system parameters on the value of dynamic loads.
Keywords: knitting machine, dynamic processes in the knitting machine, knitting system parameters.

Introduction

The peculiarity of circular knitting machines, including single-loop machines, is the significant dynamic loads that occur when the interaction of needle-platinum products with the wedges of the locks during the change of direction of their movement. The dynamic loads that occur in this case are one of the important factors in the reliability of the knitting machine, which in turn affects the quality of products.

During the operation of the knitting machine, the needles are subjected to significant loads, which is the main reason for their failure [1-5]. Studies [1] show that the shock phenomena that occur when needles interact with the wedges of knitting systems are the main cause of needle breakage.

The work [6] is devoted to the choice of parameters of dynamic models of machines and mechanisms. Further development of the methodology for designing elements of knitting systems is considered in the study [7].

Analysis of the influence of the parameters of the knitting system on the value of dynamic processes allows to develop methods for calculating the dynamic loads in knitting systems required for the design of modern types of knitting machines.

In the process of looping platinum as well as needles change the direction of their movement, which causes their shock interaction with platinum locks.

The maximum dynamic load that occurs when the platinum hits the lock can be determined by expression (2.25) [8] or (by elastic fastening of the lock, which takes place in the experimental study of loads when the lock is attached to an elastic beam) by expression (2.44) [8].

Analyzing expression (2.25) [8], we conclude that the decision on the influence of the parameters of the existing design of the knitting system of the knitting machine on the value of dynamic loads is not difficult. However, in the case of replacing the rigid wedge with an elastic one (which occurs during the modernization of the knitting system or during experimental research), this question deserves attention.

Analyzing the expressions (2.26), (2.29), (2.34) ... (2.39), (2.41), (2.44) in the study [8], we can conclude that the value of dynamic loads in the knitting mechanism is influenced by the following parameters knitting system:

- wedge profile angle – α;
- angle of friction money needle-wedge (needle-pins) – ρ;
- machine speed – υ;
- the magnitude of technological loads – F_1;
- the amount of static pressure of the heels of the needles on the wedge – F_3;
- stiffness of the needle-wedge system – C_1;
- rigidity of the wedge mounting unit – C_2;
- needle mass – m_1;
- wedge weight (in case of elastic wedge mounting) – m_2.

With purpose to determine the influence of the parameters of the knitting system on the value of the maximum dynamic loads, we build the dependences of the loads P_{1max} and P_{2max} on the studied parameters (P_{1max} – maximum load in the area of the needle on the wedge; P_{2max} – maximum load in the wedge mounting unit).

For the initial data we take the parameters of the knitting system of the circular knitting machine MS-9 (in case of needle impact on the cooler wedge; the wedge is mounted on an elastic beam with dimensions of 5x10x48 mm): $\alpha = 54°$; $\rho = 9°40'$; v =0,72 *m/s*; F_1 = 0,17 *N*; F_3 = 9,67 *N*;

$C_1 = 1483{,}6 \cdot 10^3$ *N/m*; $C_2 = 2486{,}6 \cdot 10^3$ *N/m*; $m_1 = 0{,}713 \cdot 10^{-3}$ *kg*; $m_2 = 36{,}41 \cdot 10^{-3}$ *kg*.

The range and interval of variation of parameters, based on practical considerations, is chosen within:

$\alpha = (20 \ldots 60)°$, $\Delta\alpha = 5°$;

$\rho = (4 \ldots 12)°$, $\Delta\rho = 2°$;

v = (0,5…2,5) *m/s*, Δv =0,25 *m/s*;

F_1 = (0,05…1,0) *N*, ΔF_1 = 0,05 *N*;

F_3 = (5…25) *N*, ΔF_3 = 5 *N*;

C_1 = (150…3000) 10^3 *N/m*, $\Delta C_1 = 150 \cdot 10^3$ *N/m*;

C_2 = (150…30000)$\cdot 10^3$ *N/m*,

$\Delta C_2 = 150 \cdot 10^3$ if $150 \cdot 10^3 \le C_2 \le 1500 \cdot 10^3$;

$\Delta C_2 = 1500 \cdot 10^3$ if $1500 \cdot 10^3 \le C_2 \le 30000 \cdot 10^3$;

m_1 = (0,2…1,5)$\cdot 10^{-3}$ *kg*, $\Delta m_1 = 0{,}1 \cdot 10^{-3}$ *kg*;

m_2 = (5…100)$\cdot 10^{-3}$ *kg*, $\Delta m_2 = 5 \cdot 10^{-3}$ *kg*.

The results of the calculations are presented in Fig. 1...6.

As can be seen from Fig. 1 angle of the wedge profile significantly affects the amount of dynamic load in the knitting system. The more noticeable effect of the angle of the wedge profile is observed on the load in the area of impact of the needle on the wedge. When $\alpha > 60°$ the system becomes virtually inoperable. The phenomenon of needle jamming occurs (dynamic loads increase to infinity).

The angle of friction of the needle on the surface of the wedge and on the clamps significantly affects the dynamic load in the knitting system of the machine MS-9 at $\rho > 8°$ (Fig. 1). In this case the influence of the friction angle on the dynamic loads in the knitting system is almost insignificant. When the phenomenon of jamming of the system is observed (loads increase to infinity).

The magnitude of the mass of the needle, significantly affects the magnitude of the load in the area of impact of the needle on the wedge, and in the elastic ligament C_2 (Fig. 2).

The increase in the mass of the wedge m_2 has virtually no effect on the impact loads in the needle-wedge pair, but significantly affects the dynamic loads in the elastic ligament of the wedge. At the same time, the increase in the mass of the wedge reduces the dynamic loads in the elastic ligament C_2.

The speed of the machine (Fig. 3) is directly proportional to the dynamic loads in the knitting system. The more significant effect of speed on the load is observed in the area of interaction of the needle with the wedge.

Technological loads have practically no effect on the value of dynamic loads in the knitting system (Fig. 4).

The amount of static pressure of the needles on the wedge affects the load in the elastic ligament of the wedge (wedge mount). Dependence $P_{2max} = f(F_3)$ is linear. The value of the dynamic load in the area of impact of the needle on the wedge parameter F_3 is practically not affected:

$$P_{1max} = f(F_3) = const.$$

The rigidity of the needle-wedge system significantly affects the dynamic loads in the area of impact of the needle on the wedge (Fig. 5). The increase in stiffness leads to an increase in dynamic loads in the needle-wedge system. At the same time, increasing the stiffness C_1 up to $9 \cdot 10^5$ *N/m* reduces the load in the elastic connection of the wedge. At $C_1 > 9 \cdot 10^5$ *N/m* the loads in the elastic ligament of the wedge fastening practically do not change, $P_{2max} \approx const$.

The value of the rigidity of the elastic fastening of the wedge does not affect the magnitude of the dynamic loads in the area of impact of the needle on the wedge (Fig. 5, 6). Hardness is practically not affected C_2 on loading in elastic knitting of fastening of a wedge at its increase up to $30 \cdot 10^5$ *N/m*. If $C_2 > 30 \cdot 10^5$ there is a significant effect of the parameter C_2 on the value of load P_2 (the increasing of C_2 causes an increase in dynamic load).

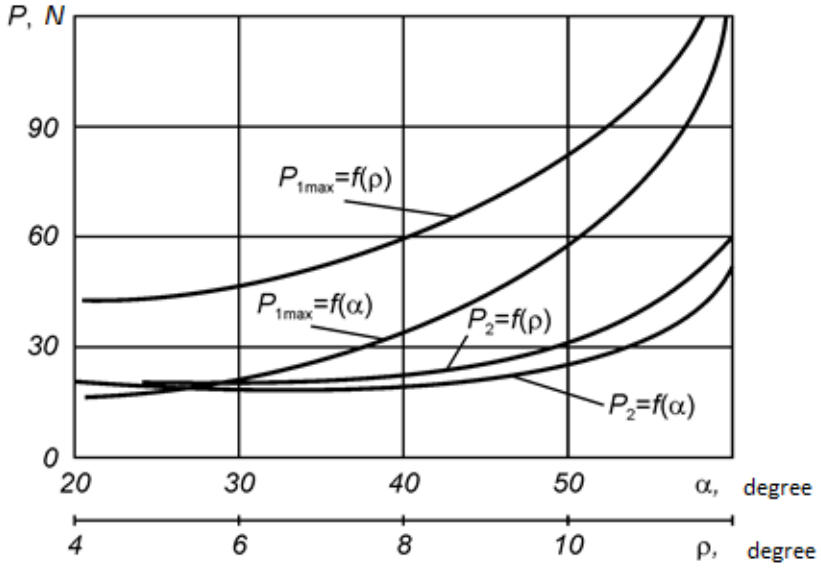


Fig. 1. Dependence of dynamic loads in the knitting system of the machine MC-9 from the angle of the wedge α profile and the angle of friction ρ

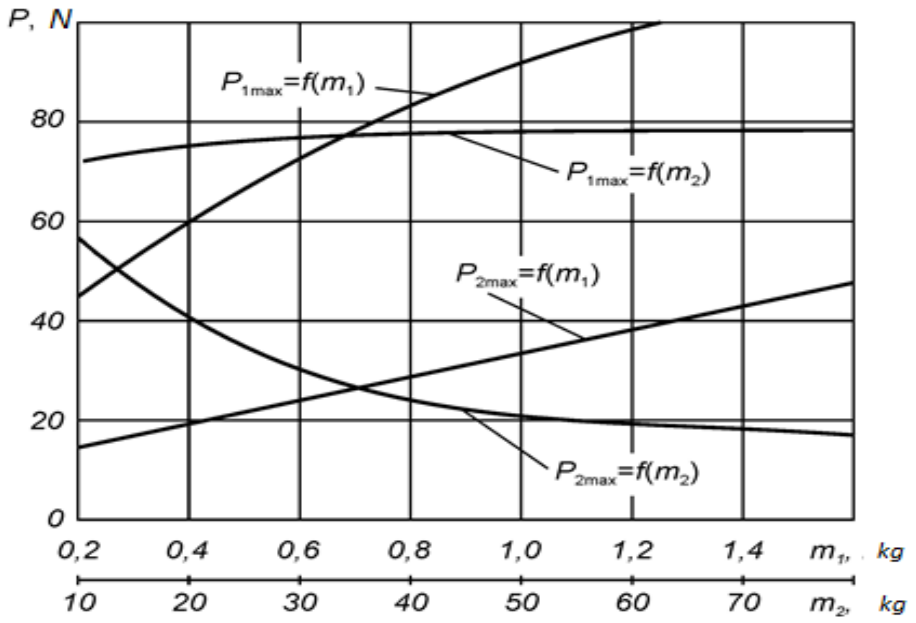


Fig. 2. Dependence of dynamic loads in the knitting system on the mass of the needle m_1 *and a wedge* m_2 *taking into account its elastic fastening*

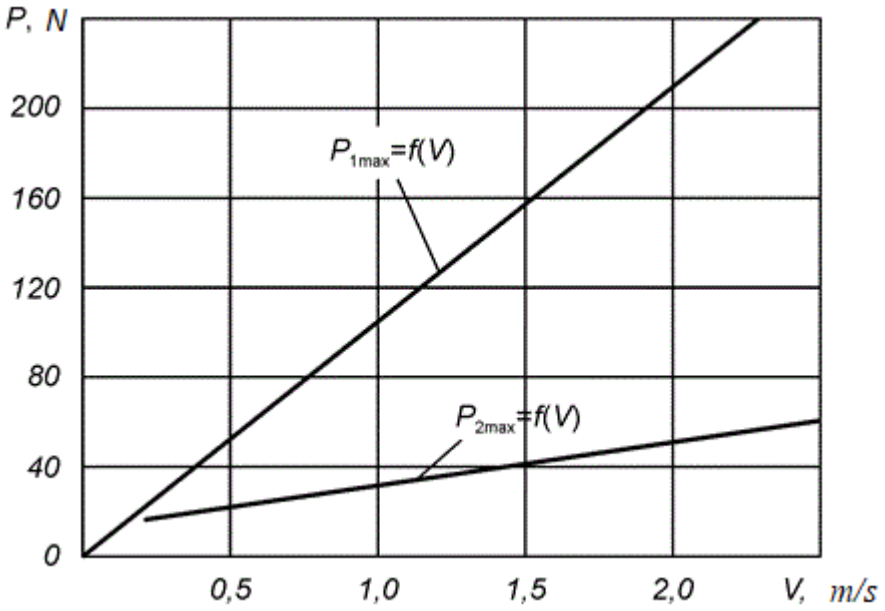


Fig. 3. Dependence of dynamic loads in knitting system from the speed of the machine

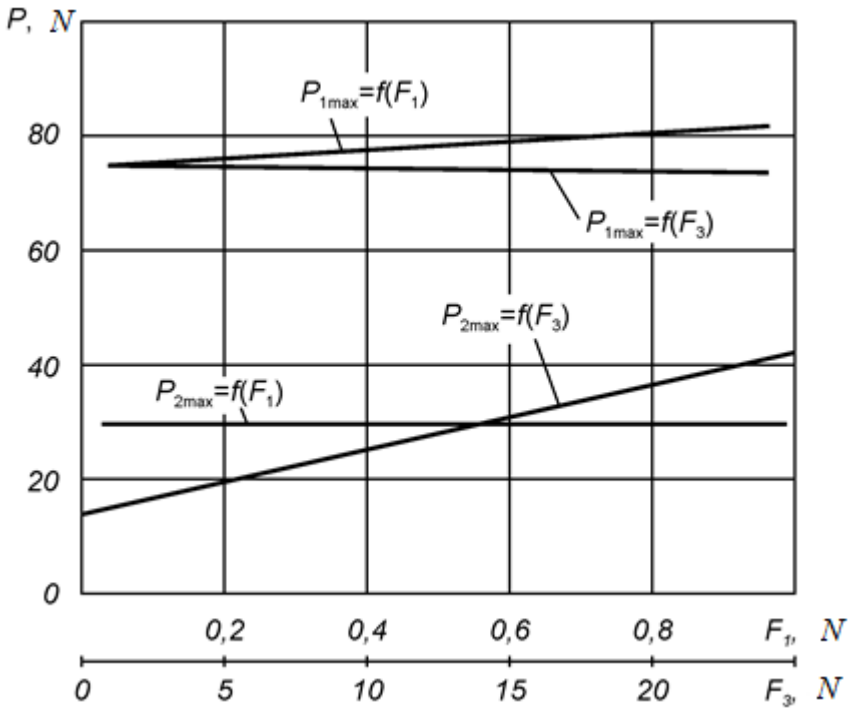


Fig. 4. Dependence of dynamic loads in the knitting system on technological loads and pressure force (static) of needles on a wedge F_3

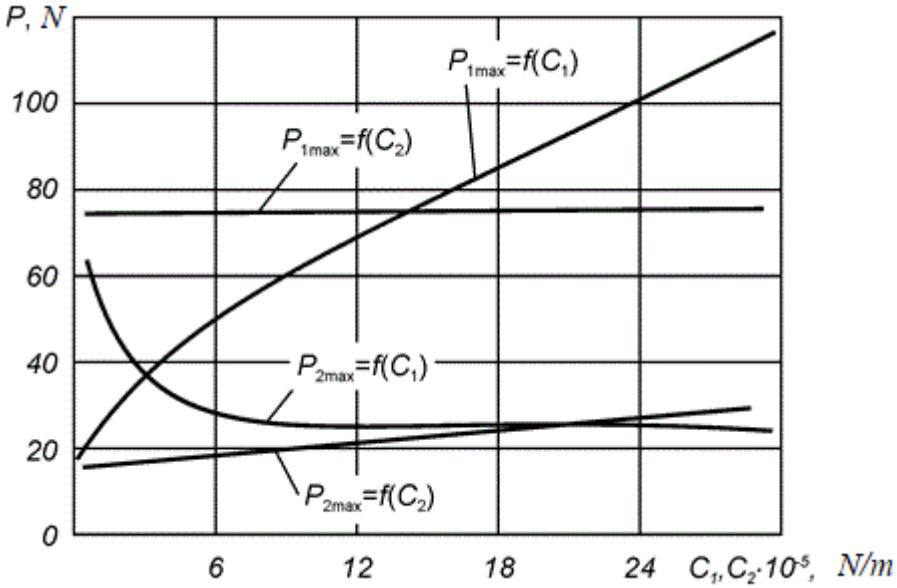


Fig. 5. Dependence of dynamic loads in the knitting system on the rigidity of the needle-wedge system C_1 *and stiffness of the wedge attachment* C_2

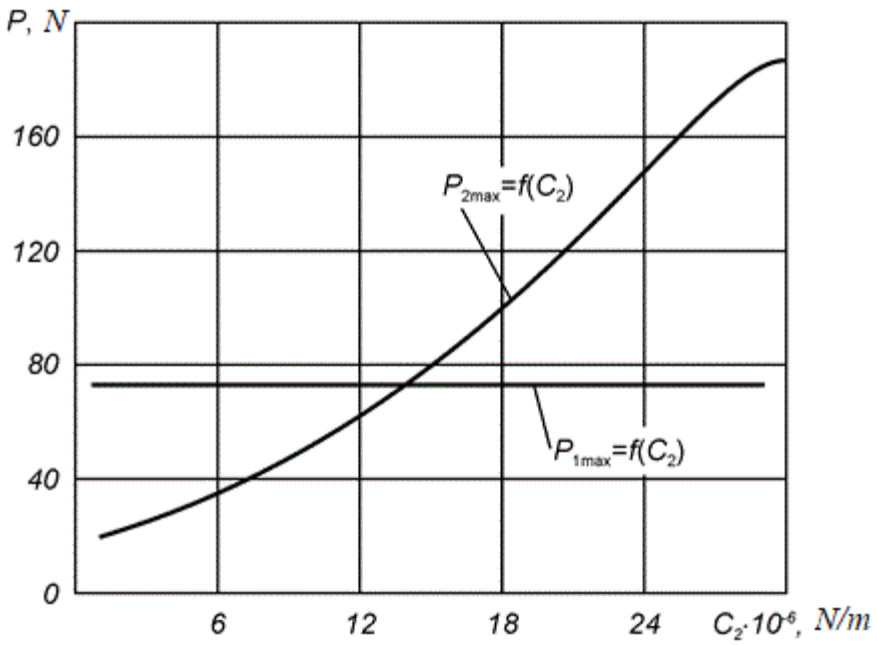


Fig.6. Dependence of dynamic loads in the knitting system on the rigidity of the wedge C_2 *(at* $C_2 \geq 1{,}5 \cdot 10^6$ *Н / м)*

Conclusions.

1. The angle of the wedge profile significantly affects the amount of dynamic load in the knitting system.

2. The angle of friction of the needle on the surface of the wedge and on the clamps significantly affects the dynamic load in the knitting system of the machine MC-9 at $\rho > 8°$. In case of $\rho \leq 8°$ the effect of the friction angle on the dynamic loads in the knitting system is almost insignificant. When $\rho > 12°$ the phenomenon of jamming of the system is observed (loads increase to infinity).

3. The magnitude of the mass of the needle, significantly affects the magnitude of the load in the area of impact of the needle on the wedge, and in the elastic ligament C_2

4. The increase in the mass of the wedge m_2 has almost no effect on the shock loads in the needle-wedge pair, but significantly affects the dynamic loads in the elastic ligament of the wedge. At the same time, increasing the wedge mass reduces the dynamic loads in the elastic ligament C_2.

5. The speed of the machine is directly proportional to the dynamic loads in the knitting system. The more significant effect of speed on the load is observed in the area of interaction of the needle with the wedge.

6. Technological loads have practically no effect on the amount of dynamic loads in the knitting system.

7. The amount of static pressure of the needles on the wedge affects the load in the elastic ligament of the wedge (wedge mount).

8. The rigidity of the needle-wedge system significantly affects the dynamic loads in the area of impact of the needle on the wedge.

The value of the stiffness of the elastic mounting of the wedge does not affect the magnitude of the dynamic loads in the area of impact of the needle on the wedge/

Bibliography

1. Pipa B.F. (2008). Dynamika mekhanizmiv viazannia kruhloviazalnykh mashyn [Dynamics of knitting mechanisms of circular knitting machines]. – Kyiv [in Ukrainian].
2. Pipa B. F., Konkov H .I., Marchenko A. I. (2010). Dynamika vzaiemodii holky viazalnoi mashyny z klynom [The dynamics of the interaction of the needle of the knitting machine with the wedge]. Visnyk KNUTD - Bulletin of the KNUTD, 5, (Vol. 2), 174-179 [in Ukraine].
3. Pipa B.F., Misiats V.P. (2011). Znyzhennia dynamichnykh napruzhen u holtsi viazalnoi mashyny [Reduction of dynamic stresses in the needle of the knitting machine]. Visnyk KNUTD – Bulletin of the KNUTD, 2, 36-39 [in Ukraine].
4. Pleshko S.A., Pipa B.F. (2014). Pidvyshchennia dovhovichnosti roboty holok viazalnykh mashyn [Improving the longevity of knitting machine needles]. Visnyk KNUTD – Bulletin of the KNUTD, 4 (78), 221-226 [in Ukraine].
5. Pleshko S.A., Pipa B.F. (2015). Vplyv zhorstkosti pary holka-klyn na napruzhennia, shcho vynykaiut v sterzhni viazalnoi holky pry udari ob klyn [The effect of stiffness of the needle-wedge pair on the stresses arising in the rod of the knitting needle when hitting the wedge]. Bulletin of the KhNU, 2,. 41-44 [in Ukraine].
6. Oliinyk O. Yu. Rubanka M. M. (2019). Vybir parametriv dynamichnykh modelei mashyn ta mekhanizmiv [Selection of parameters of dynamic models of machines and mechanisms] // Naukowa przestrzeń Europy: XV Międzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji (07-15 kwietnia 2019 roku). (p.p. 40-43). Przemyśl: Nauka i studia [in Ukraine].
7. Berezin, L., Savchenko, K., Rubanka, M., Polishchuk, O., Oliinyk, O., and Rubanka, A. (2021). Modeling of the Elastic Plates of Non-Base Configurations for the Cams of Automatic Half-Hose Machines. Advances in Science and Technology Research Journal, 15(1), pp.92-98 [in English].
8. Pipa B. F., Pleshko S. A. (2012). Udoskonalennia robochykh orhaniv mekhanizmiv viazannia kruhloviazalnykh mashyn: [Improving the working bodies of circular knitting machines]. – Kyiv [in Ukrainian].

МІЖКУЛЬТУРНА КОМУНІКАЦІЯ В АСПЕКТІ ЗДОБУТТЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ ФІЛОЛОГАМИ-ПОЛОНІСТАМИ

Подлевська Н., Йохна М.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. Одним із найважливіших складників життя людини є комунікація, яка охоплює значно більше, ніж обмін інформацією. В умовах інтеграції та глобалізації суспільства відбувається постійне розширення сфер міжнародної та міжнаціональної комунікації, що впливає на подальший розвиток діалогу представників різних національно-культурних спільнот. Розвиток міжнаціонального спілкування можливий через взаємодію різних культур. У цих умовах освіту студентів слід розглядати в аспекті їх перебування в новому соціальному середовищі, а метою навчання стає формування їх міжкультурної комунікації.
Головною метою вивчення іноземної (зокрема, польської) мови студентами стає набуття іншомовної компетентності особистості, а очікуваним результатом – використання іноземної мови як доступного засобу спілкування, міжкультурної комунікації і збагачення досвіду фахової підготовки.
Сьогодні відбувається процес активного вивчення польської мови в Україні. У закладах вищої освіти запроваджуються освітні програми, пов'язані із полоністикою, адже міцність сплетіння історичних, культурних, етнологічних, антропологічних, літературних, економічних аспектів українського і польського народів потребують і дальшого розвитку, а відповідно й постає потреба у фахівцях із полоністики, зокрема й перекладачах, викладачах (учителях) польської мови.
Проблема взаємозв'язку мови й культури завжди викликала значний інтерес багатьох мовознавців. Вагомим чинником у здійсненні акту міжкультурної комунікації є перекладач, оскільки він передбачає подолання культурної дистанції між комунікантами і його дії спрямовані на забезпечення їх порозуміння. У процесі підготовки майбутніх філологів-полоністів враховуємо, що основним засобом міжкультурної комунікації була й залишається мова, яка відкриває справжню перспективу взаєморозуміння та взаємодії між представниками різних країн і культур. Міжкультурна комунікація як процес міжособистісної взаємодії представників різних культур передбачає постійну готовність людини до сприйняття, розуміння і прийняття чужих етнічних стереотипів поведінки, звичаїв, традицій, інтересів, культурних цінностей.
Формування навичок міжкультурної комунікації відбувається у майбутніх філологів-полоністів у процесі здобуття вищої освіти під час вивчення обов'язкових дисциплін, наприклад «Міжкультурна комунікація у перекладознавчому аспекті» та дисциплін вибіркового компоненту. Одним із завдань університету є створення комфортних умов для міжособистісних відносин та розвиток умінь міжкультурної комунікації, а також надання студентам можливостей самовираження в міжкультурній комунікації та спілкуванні. Відповідно у статті показано досвід формування компетенцій міжкультурної комунікації у студентів-полоністів Хмельницького національного університету під час здійснення міжнародної академічної мобільності до наукових установ, навчальних закладів, культурних та освітніх організацій Польщі.
До перспектив належить дослідження інших видів формування міжкультурної комунікації у студентів-полоністів: міжнародні мовні практики, участь у гостьових заняттях видатних науковців Польщі, майстер-класи із перекладу, творчі конкурси, міжнародні олімпіади з польської мови і культури та ін.
Ключові слова: міжкультурна комунікація, міжнародна академічна мобільність, вища освіта, здобувачі вищої освіти, філологи-полоністи, перекладач, викладач/вчитель польської мови.

В умовах інтеграції та глобалізації суспільства відбувається постійне розширення сфер міжнародної та міжнаціональної комунікації, що впливає на подальший розвиток діалогу представників різних національно-культурних установ, організацій. Розвиток міжнаціонального спілкування можливий через взаємодію різних культур. У цих умовах освіту здобувачів вищої освіти слід розглядати в аспекті їх перебування в новому

соціальному середовищі, а метою навчання стає формування їх міжкультурної комунікації. У зв'язку з цим актуальними є дослідження, орієнтовані на пошук шляхів підвищення ефективності вивчення культури народу, що говорить тією чи іншою мовою; на подолання культурного бар'єру; підвищення рівня спілкування студентів, предметом майбутньої професійної діяльності яких є іноземна філологія, а також педагогічної майстерності викладачів, спрямованої на їхній професійно-особистісний розвиток.

«Одним із найважливіших складників життя людини є комунікація, яка охоплює значно більше, ніж обмін інформацією між людьми. До неї належать канали засобів передачі та одержання інформації, де задіяні машини, прилади, штучний інтелект, комп'ютерні мережі і програми, культурні знаки тощо. Це спосіб людського спілкування, найактивніша форма людської життєдіяльності. Це процес налагодження різних типів відносин між окремими мовцями, групами людей та цілими народами. Це спілкування за допомогою вербальних та невербальних засобів» [5, с.8].

Міжкультурна комунікація історично виникає як незаперечний факт взаємодії культур. Культура тут розглядається як одна з основ соціально-комунікативного процесу, оскільки виступає як динамічна та багатогранна система, що пронизує всі аспекти життя суспільства, впливає на розвиток та саморозвиток людини, формування її власної картини світу, визначає її ставлення до інших людей. До того ж потрібно врахувати, що комунікативні процеси сприяють оновленню культури, а людина виступає одночасно і суб'єктом, і об'єктом взаємодії культур.

Підготовку молоді до життя в полікультурному соціумі оголошено пріоритетним завданням у документах ООН, ЮНЕСКО, Ради Європи, багатьох міжнародних форумів, присвячених актуальним проблемам освіти. Про увагу до питань полікультурного підходу у нашій державі свідчать такі документи: Конституція України, державна програма «Освіта. Україна XXI ст.», закони України «Про освіту», «Про вищу освіту», Концепція національної освіти і виховання, Концепція мовної освіти, Національна доктрина розвитку освіти та інші нормативно-правові документи й матеріали, у яких можна чітко простежити думку про потреби впровадження міжкультурного підходу. Знайомство з лінгвокультурою народу здійснюється через пізнання традицій, за допомогою яких зберігаються і передаються його цінності. Усвідомлення суті традицій іншомовної культури дозволяє зрозуміти ієрархію цінностей представників тієї або іншої культури. Процес осмислення особливостей іншомовної культури реалізується в їх аналізі, узагальненні та порівнянні з цінностями рідної культури, що дозволяє людині самоідентифікуватися та пізнати себе у межах рідної культури. При порівнянні людей і країн у різних історичних умовах, виявленні загального і специфічного проходить розвиток важливих якостей полікультурної особистості, що вимагає конкретних знань, вираження власної думки, активної життєвої позиції з будь-якого питання, а це певним чином стимулює і мотивує прагнення постійно збільшувати й поглиблювати обсяг знань про власну країну і відкривати для себе нове в непізнаному розмаїтті держав, націй та культур. Усвідомлюючи специфіку іншої мови, ми переважно керуємося особливостями об'єктів, які не мають аналогії в рідній культурі, подібностями чи розбіжностями у лексичних значеннях слів, відмінностями у ставленні до соціально-культурних реалій та концептів.

Сьогоднішній етап розвитку нашої країни і країн Європейського Союзу характеризується трансформаційними змінами і процесами в різних галузях суспільного, політичного й економічного життя людини. Вирішення різних проблем людства й участь в інноваційних перетвореннях зумовлюють необхідність зміни пріоритетів щодо підготовки майбутніх фахівців, зокрема й іноземних філологів (перекладачів, викладачів). Сучасному суспільству необхідні компетентні фахівці, які не лише володіють професійними знаннями, уміннями і навичками, але й здатні приймати

відповідальні рішення в ситуаціях вибору, відрізняються мобільністю, конструктивністю, умінням застосовувати свої здібності, мають творчий стиль мислення та вільно володіють іноземними мовами, можуть здійснювати міжкультурну комунікацію. Нові вимоги до підготовки майбутніх викладачів іноземної мови (перекладачів) акцентують увагу на формуванні міжкультурної компетентності.

Головною метою вивчення іноземної (зокрема, польської) мови студентами стає набуття іншомовної компетентності особистості, а очікуваним результатом – використання іноземної мови як доступного засобу спілкування, міжкультурної комунікації і збагачення досвіду фахової підготовки.

Сьогодні відбувається процес активного вивчення польської мови в Україні. У закладах вищої освіти запроваджуються освітні програми, пов'язані із полоністикою, адже міцність сплетіння історичних, культурних, етнологічних, антропологічних, літературних, економічних аспектів українського і польського народів потребують і подальшого розвитку, а відповідно й постає потреба у фахівцях із полоністики, зокрема й перекладачах, викладачах (учителях) польської мови. Зокрема, у закладах загальної середньої освіти Хмельницької області понад 5000 учнів вивчають польську мову як другу іноземну, як предмет за вибором чи факультативно. Однак, крім них, є ще велика кількість учнів, які вивчають польську мову на мовних курсах, у мовних школах, в суботніх школах, приватно у репетиторів тощо. Що ж до закладів вищої освіти в Україні, то також функціонують освітні програми для бакалаврів та магістрів (спеціальності «Філологія» чи «Середня освіта»), у рамках яких здійснюється підготовка до професійної діяльності майбутніх перекладачів, вчителів, викладачів польської мови. Зокрема, у Хмельницькому національному університеті (Україна) на кафедрі слов'янської філології протягом останніх 12 років розвиваються освітні програми, пов'язанні із вивченням полоністики: «Слов'янські мови та літератури (переклад включно), перша – польська» бакалаврського рівня (підготовка майбутніх перекладачів з польської мови, вчителів польської мови), «Польська мова і література, друга мова – англійська» бакалаврського рівня (підготовка майбутніх перекладачів з польської, англійської мов на українську і навпаки), «Середня освіта (Мови і літератури (польська, українська))» бакалаврського рівня (підготовка майбутніх учителів польської мови і літератури, української мови і літератури), «Філологія. Слов'янські мови та літератури (переклад включно), перша – польська» магістерського рівня (підготовка магістрів філології, перекладачів, викладачів польської мови і літератури у закладах вищої освіти). Відповідно є потреба забезпечення закладів загальної середньої освіти і вищої освіти висококваліфікованими вчителями / викладачами; організацій, які потребують перекладу, – досвідченими перекладачами; міжнародних установ – іноземними філологами, які можуть здійснювати на високому професійному рівні міжкультурну комунікацію. Підготовка до означеного здійснюється в процесі здобуття філологічної освіти студентами-полоністами у закладі вищої освіти.

Останнім часом проблема ефективної підготовки майбутніх перекладачів перебуває в полі зору філософів, мовознавців, психологів, педагогів. Способи формування професійної компетентності майбутніх лінгвістів і перекладачів відображені у дослідженнях І. Бахова, Д. Іщенко, Т. Колодько, О. Павлик, Т. Пастрик, К. Скиби, Н. Соболь, Ж. Таланової, Л. Тархової, О. Шупти, А. Янковця та ін. Аспекти полікультурної підготовки в процесі навчання іноземної мови, зокрема польської, визначено в наукових працях В. Веренич, З. Саванєвської-Мохової, М. Давлевіч, М. Лесіва, А. Кравчук, Є. Ковалевського, Г. Соколовської, Г. Турської та ін. Для нашого дослідження цінним є метеріал, в якому розкрито питання формування мовної особистості (А. Богуш, З. Бакум, Н. Голуб, Ж. Горіна, О. Горошкіна, Т. Груба, С. Караман, О. Копусь, О. Кучерук, Л. Мамчур, А. Нікітіна, С. Омельчук, Л. Паламар, М. Пентилюк, О. Семеног, Т. Симоненко, Л. Струганець та ін.). Незважаючи на значний

внесок дослідників у теорію і практику навчання української та іноземної (зокрема, й польської) мов майбутніх вчителів/перекладачів у закладах вищої освіти, все ж дослідження з лінгводидактики вищої школи охоплюють лише окремі аспекти мовно-комунікативної підготовки, а методика формування міжкультурної компетентності у студентів (майбутніх іноземних філологів) залишається мало дослідженою: недостатньо уваги приділено опануванню студентами соціокультурних відомостей, питанням культури усного й писемного мовлення майбутніх іноземних філологів, формуванню спеціальних умінь і навичок для забезпечення швидкості та адекватності перекладу, вивченню питань міжкультурної комунікації і формуванню її компетентностей у професійному мовленні майбутніх перекладачів, викладачів, учителів.

Проблема взаємозв'язку мови й культури завжди викликала значний інтерес багатьох мовознавців. Процес міжкультурної комунікації починається зі звичайного визнання факту існування культурних відмінностей між представниками різних культур, що є однією з найважливіших причин непорозуміння, а також їх подолання. Суб'єктом комунікації є людина, яка для забезпечення своєї життєдіяльності вступає у взаємозв'язок з іншими людьми. Здійснення міжкультурної комунікації можливе за таких умов, коли співрозмовники розуміють один одного, і переклад, як процес комунікативного акту, та перекладач, як виконавець цього процесу, виступають спільно для досягнення взаєморозуміння. За допомогою перекладу здійснюється спілкування людей, які належать до різних культурних спільнот, де посередником виступає перекладач. У цьому процесі потрібно враховувати, що переклад – це не лише перехід від однієї мови до іншої, але й від однієї культури до іншої. Виступаючи посередником між двома мовами, перекладач і переклад обов'язково стикається з таким явищем як культура, адже мова – це й прояв культури.

Вагомим чинником у здійсненні акту міжкультурної комунікації є перекладач, оскільки він передбачає подолання культурної дистанції між комунікантами і його дії спрямовані на забезпечення їх порозуміння. Він стирає міжмовний та міжкультурний бар'єр. Переклад у сучасному світі виступає важливим засобом спілкування між комунікантами, які розмовляють різними мовами й належать до різного лінгвокультурного ареалу. У такому контексті переклад, професійні навички та компетентність перекладача створюють особливий вид міжкультурної комунікації.

Необхідність ефективної міжкультурної комунікації у сфері підготовки майбутніх перекладачів вимагає значних зусиль, потребує розуміння міжкультурних відмінностей, знань методів і технічних прийомів подолання різноманітних бар'єрів і непорозумінь. Міжкультурна комунікація розкриває можливості пізнання культурної реальності, сприяє розвитку в суспільстві соціокультурного розуміння та всебічної інтеракції. Раніше процес перекладу розглядався лише з лінгвістичного погляду, але останнім часом підхід змінився на культурно орієнтований. Переклад розглядається на основі теорії міжкультурної комунікації і як процес має всі компоненти комунікативного середовища: ситуацію, час, місце, учасників, контекст, сукупність мовних та позамовних чинників спілкування, стратегії та тактики спілкування тощо [2, с. 3]. Теорія міжкультурної комунікації підтверджує, що мова й культура тісно пов'язані, і, що переклад є актом комунікації.

На питаннях якості перекладу в сфері міжкультурної комунікації зосереджувалася увага багатьох дослідників. Поняття міжкультурної комунікації виникає в середині XX ст. і пов'язана з іменами вчених Е. Холла, Д. Трейгера. Теорії міжкультурної комунікації розробляли західні дослідники К. Бергер, Е. Гірш, Е. Холл, С. Даль. Однак сьогодні, коли в умовах глобалізації відбувається стрімкий економічний розвиток і міжнародні відносини посідають важливе місце в сфері міжкультурної та міжособистісної комунікації, перекладацький аспект у сфері ділового спілкування набуває особливого

значення. Тому комунікація у перекладі є міжкультурною і для її успішного здійснення необхідні не тільки мовна компетенція, а й знання комунікативних ознак лінгвокультурної спільноти, представниками якої є учасники спілкування [2, с. 3]. Відповідальність у перекладацькій діяльності лягає на перекладача як на учасника комунікації. Запобігти конфлікту культур перекладачеві допомагають знання та кроскультурна обізнаність, комунікативна компетенція.

Спілкування за допомогою однієї переважаючої мови може викликати комунікативні помилки в полікультурному спілкуванні: через недостатню лінгвістичну компетентність комунікантів. Тому переклад у парадигмі міжкультурної комунікації призводить до усвідомлення того, що він є видом мовного посередництва. При цьому необхідно враховувати той факт, що процес міжкультурної комунікації має складну структуру і включає безліч чинників, які впливають на умови її перебігу і результат. У полікультурному суспільстві перекладач, який вільно володіє однією мовою, повинен бути обізнаним ще й у комунікативних ознаках багатьох культур. Здійснюючи комунікативні акти перекладу, перекладач повинен постійно усвідомлювати особливості культур народів, представники яких беруть участь у спілкуванні, для досягнення основної мети спілкування – порозуміння.

Таким чином, у процесі професійної підготовки перекладачів необхідне створення методичної системи, яка б формувала кроскультурну компетентність та навички спілкування у полікультурному середовищі. У такому випадку перекладач є комунікативним посередником між представниками різних культур, а не тільки країни, мова якої вивчалася у закладі вищої освіти. Основне у міжкультурній комунікації – це міжкультурна чутливість; її удосконалення в умовах неоднозначності суспільства є важливою частиною професійної підготовки майбутніх фахівців. Сьогодні дослідження в галузі міжкультурної комунікації зосереджені на поведінці людей, які стикаються з мовними відмінностями та їх наслідками. Отже, перекладач та процес перекладу в цілому задовольняють суспільну потребу у міжкультурній комунікації. Основне завдання перекладача під час процесу міжкультурної комунікації – встановити культурний зв’язок між мовцями і подолати мовний бар’єр, при цьому передати зміст перекладу якомога точніше. Таким чином, стає зрозуміло, що міжкультурна комунікативна компетенція є невід’ємним складником професійної підготовки фахівців-перекладачів, оскільки дозволяє працювати, спілкуватися та жити у світі без кордонів.

В. Щербина, аналізуючи цілісність національної культури, зазначає, що для сучасних націй, до яких належить багато соціальних груп, різних за своїми етнонаціональними, духовно-ментальними характеристиками, основним чинником співіснування є діалог культур. Урегулювання можливого конфлікту між місцевим і прибулим населенням в будь-якій країні можливе через упровадження політики інтеграції та розвитку етнонаціональної політики з урахуванням поліетнічності й багатокультурності. Тому виховання толерантності, відкритості, позитивного ставлення до етнічної, культурної розмаїтості є першочерговим завданням освіти [19, с. 3–6].

У процесі підготовки майбутніх філологів-полоністів враховуємо, що основним засобом міжкультурної комунікації була й залишається мова, яка відкриває справжню перспективу взаєморозуміння та взаємодії між представниками різних країн і культур. Кожна мова має свої закони передавання картини світу, тобто мовну картину. Якщо ж говорити про іноземну мову, зокрема польську, то для її опанування недостатньо вивчити правила граматики та переклад слів, необхідно знати будову світу, соціальний й культурний устрій Польщі – країни, мову якої ви вивчаєте. У мові насамперед відображається соціальний досвід народу. Під час спілкування представників різних культур іноземні понятєві картини світу накладаються на рідні, ті, що мають у своїй основі історично та культурно зумовлені поняття. Вивчаючи другу мову, людина

співіснує одночасно у двох культурних просторах, сприймає світ одночасно з двох поглядів.

Ефективна комунікація представників різних культур є обов'язковою умовою успішної діяльності в усіх сферах, пов'язаних із міжнародними взаємовідносинами. Сьогоднішнє суспільство зацікавлене у висококваліфікованих фахівцях із винятковим розумінням міжкультурної комунікації. Одним із основних напрямів у ЗВО є розробка комплексних підходів до формування міжкультурної компетенції у майбутніх фахівців у межах професійної освіти, зокрема й підготовки філологів-полоністів. Відповідно ще однією базою розвитку міжкультурної компетенції є вивчення культури. Культурна картина світу є сукупністю знань і уявлень про цінності, норми, звичаї, менталітет власної культури і культур інших народів. У процесі навчання у ЗВО на перший план висуваються питання виховання у здобувачів освіти культури спілкування, підготовки їх до «діалогу культур». Однією з умов реалізації цього процесу повинен стати певний рівень сформованості у майбутнього фахівця міжкультурної компетенції.

Міжкультурна комунікація як процес міжособистісної взаємодії представників різних культур передбачає постійну готовність людини до сприйняття, розуміння і прийняття чужих етнічних стереотипів поведінки, звичаїв, традицій, інтересів, культурних цінностей. У сучасному соціумі дослідження проблем міжкультурної комунікації є надактуальним, оскільки все більша кількість людей потрапляє за межі своєї країни і стикається з проблемами міжкультурного нерозуміння, зумовленого розбіжностями в нормах комунікації. Таким чином, у ЗВО міжкультурна комунікація стає об'єктом міждисциплінарних досліджень, у яких взаємодіють мовознавці, літературознавці, історики, філософи, психологи, соціологи.

Важливим завданням навчання української та польської мов є адаптація набутих знань до практичної діяльності, а також розвиток комунікативної і соціокультурної компетенцій майбутніх філологів. Володіння іншою мовою ще не передбачає комунікативної успішності. Для цього потрібне органічне поєднання мовного й культурного досвіду у спілкуванні. Отже, одним з основних напрямів міжкультурної освіти є формування культурно-мовної особистості, яка пов'язана з різними типами гуманітарних знань: мовного і культурного. Формування сучасного суспільства неможливе без формування культури спілкування, що передбачає глибоке розуміння культури інших країн.

Сьогодні важливо володіти міжкультурною компетенцією не лише в сферах бізнесу чи наукової діяльності, а в освітній сфері, адже саме в стінах ЗВО студенти засвоюють основи міжкультурної комунікації й спілкування, а це необхідність спільної діяльності, спільного вирішення проблем, що виникають у студентів (представників різних культур) знаходити «спільну мову», засвоювати на практиці основи міжкультурної комунікації. Однак цей процес ускладнюється низкою факторів. Серед причин, які перешкоджають успішній міжкультурній комунікації, дослідники, по-перше, називають етноцентризм, тому що більшість людей вважають власну культуру «цетром світу», яка значно перевершує всі інші. Така позиція заважає студентові, який не має ще належного досвіду прийняти представника іншої культури та поставитися до нього толерантно. По-друге, науковці говорять, що вже на психологічному рівні, вступаючи в контакт із представником іншої культури, людина часто вже налаштована з осторогою, оскільки бачить перед собою «чужу» людину (отже, невідому, можливо, ворожу). Міжкультурна комунікація ж вимагає орієнтуватися на співрозмовника не як на «чужу», а як на «іншу» людину, яка відрізняється іншою культурною ідентичністю. Для цього насамперед потрібно пам'ятати, що в різних культурах різняться стилі комунікації. По-третє, більшість із нас перебуває в полоні власних стереотипів щодо представників деяких культур. Ці проблеми потрібно вирішувати у ЗВО під час навчання студентів,

зокрема і в процесі вивчення дисципліни «Міжкультурна комунікація у перекладознавчому аспекті», яка викладається для магістрантів-полоністів Хмельницького національного університету, за результатами вивчення якої здобувачі освіти повинні знати про особливості здійснення перекладацької діяльності у сучасному світі; володіти теоретичними підходами до дослідження міжкультурного спілкування та різних методологій вирішення міжкультурних проблем; основними характерними рисами як своєї культури (української), так і культури народу-носія польської мови; уміти вільно оперувати основними термінами міжкультурної комунікації; самостійно знаходити приклади міжкультурної комунікації, що мають місце в повсякденному житті; застосовуючи теоретичні знання з міжкультурної комунікації під час здійснення перекладацької діяльності; оперувати основами вербальної та невербальної комунікації; добирати певний тип поведінки й поводитися відповідно до культурного середовища, у якому перебувають у певний час; продуктивно спілкуватися в незнайомому культурному оточенні; застосовувати дослідження з міжкультурної комунікації до вирішення сучасних лінгвістичних проблем; виступати з повідомленнями за обраною тематикою з міжкультурного спілкування [10].

Дуже важливим є формування у студентів ціннісного ставлення як до загальнолюдської, так і національної культур. Тому одним із першочергових завдань університету є створення комфортних умов для міжособистісних відносин та розвиток умінь міжкультурної комунікації, а також надання студентам можливостей самовираження в міжкультурній комунікації та спілкуванні. Підготовка студентів до майбутньої роботи в іншому соціокультурному просторі та навчання міжкультурного спілкування передбачає декілька складних аспектів: 1) формування культури спілкування в іншому для них соціокультурному і мовному середовищі; 2) врахування психологічних особливостей пізнавальної комунікативної діяльності студентів у природному мовному середовищі; 3) формування навичок і вмінь ведення «діалогу культур»; 4) формування і розвиток теоретичної і практичної готовності до міжкультурної комунікації [2; 21]. Культура такого спілкування залежить від загального рівня мовців, від їх уміння дотримувати загальнолюдських етичних норм.

Міжкультурна комунікація спрямована на знання інших мов і культур і завжди супроводжується відкриттям нових реалій, які відсутні в рідній культурі, адже чужою мовою важко пояснити національно-специфічні явища, які в ній не мають прямих відповідників. Такі слова є безеквівалентною лексикою і фразеологією та специфічною фоновою інформацією, знання якої допомагають пізнати інші культури.

Ще один досвід міжкультурного спілкування студенти отримують під час реалізації академічної мобільності. Програми академічної мобільності студентів є безцінним досвідом, які надають їм великі практичні вміння міжкультурного спілкування, що допомагає студентам випробувати новий спосіб життя та мислення, пізнати культуру, традиції, історію, мову іншої країни. Отже, сама по собі участь у програмі мобільності – це вже навчання, «одне лише перебування в новому середовищі – це своєрідне навчання» [18, с. 112].

Але звісно ж, таке навчання непросте, адже потрібно враховувати ті ризики, які описані вище. У новому академічному середовищі студенти повинні застосовувати стратегії подолання труднощів, щоб звикнути до нових вимог та практик, загальноприйнятих у новому університетському середовищі [16]. Чим більше знань комунікант отримує про іншу культуру, тим більше він може пристосуватися до її системи координат, і тим ближче він стає до правильного розуміння вихідного повідомлення. Міжкультурність комуніканта передбачає визнання його належності до певної культури та розуміння того, що він формований своєю культурою, так само як і інші комуніканти сформовані їхньою культурою [20].

Важливо зосереджувати увагу на розбіжностях у розумінні культурних норм, які є однією з передумов для формування міжкультурної компетенції. Контакти з іншою культурою призводять до саморефлексії, і результатом таких контактів є самонавчання. Варто звернути увагу на те, що здобувачі освіти, які мають попередній міжкультурний досвід, більш відкриті та шанобливі до поведінки різних культур. Повага, толерантність, відкритість, рефлексія та готовність дізнаватися нове про себе та інших – це лише деякі з навичок, необхідних для розвитку міжкультурної компетенції. Досвід має безпосередній позитивний вплив на ці поведінкові риси і тим самим опосередковано сприяє розвитку міжкультурної комунікативної компетенції. Завдяки спостереженню та взаємодії студенти поступово формують розуміння того, як влаштований навчальний процес, і які закономірності можна прослідкувати у звичайному повсякденному житті [11].

Проаналізуємо приклади набуття навичок міжкультурної комунікації студентами-полоністами Хмельницького національного університету в рамках програм міжнародної академічної мобільності. Так, у 2019-2020 навчальному році 4 студентів бакалаврату та 4 студентів магістратури спеціальності «Філологія. Слов'янські мови та літератури (переклад включно), перша – польська» перебували на навчанні у Вищій державній східноєвропейській школі у м. Перемишлі (Польща), за програмою NAWA (Національне агентство з питань академічного обміну) протягом семестру чи навчального року [14].

Метою стипендіальної програми NAWA є популяризація польської мови у світі та підтримка іноземців, які навчаються в рамках польських студій (польської філології) та програм, що реалізуються в зарубіжних закладах вищої освіти, дозволяючи їм навчатися один або два семестри в обраному державному університеті Польщі. Програма адресована студентам іноземних польських студій, лекторатів чи польських програм, що реалізуються як частина славістики (у галузі польської мови, польської культури та знань про Польщу). Стипендіати NAWA можуть під час навчання у вибраному університеті в Польщі розвивати полоністичні інтереси через удосконалення своїх знань із польської мови, участі в лекціях та заняттях відповідно до програми вибраних досліджень, створення наукових проєктів, збору матеріалів для наукових чи дипломних робіт, використовуючи ресурси університетської бібліотеки та архіви. Мова навчання – польська. Між ХНУ та ДВСШ узгоджені навчальні плани, за якими навчалися наші студенти – стипендіати NAWA. Звісно, що для студентів – це додатковий стимул і мотивація до підвищення власного рівня знань із полоністичних дисциплін, поглиблення набутих умінь і навичок із дисциплін, опанованих у Хмельницькому національному університеті, і звісно ж, найголовніше – повноцінне опанування мови своєї професії – польської мови – серед справжніх носіїв мови [12].

Як зазначали студенти-стипендіати програми, що хоч і знали польську мову, оскільки це мова їхньої спеціальності, все ж мали звикнути до нового середовища, до нової культури, побуту та спілкування. Але такі випробування дуже допомагають покращити знання мови, насправді набути мовного чуття, що є дуже вагомим для майбутнього філолога-полоніста. На заняттях часто проводилися тренінги, в закордонному університеті організовувалися виставки студентських робіт і проєктів. Для спілкування зі студентами також прийнято запрошувати фахівців різних галузей, які діляться досвідом практичної роботи. Стипендіати зазначали, що базовими для філології є польська мова, література, граматика, стилістика, редагування тексту, однак також є можливість обирати курси, наближені до філології: суспільні медіа, мистецтво публічного спілкування, культурологія, популярні аспекти масової культури, інтерперсональна комунікація, нетрадиційна лінгводидактика, практика журналістської діяльності. Такі курси допомагали студентам пізнавати світ, отримувати актуальну на сьогодні інформацію, набувати затребуваних на ринку праці навичок. Всі набуті

компетентності дають можливість професійного вибору після завершення навчання. А. Старух зауважує, що «завдяки навчанню в польському університеті значно удосконалила свої знання польської мови, занурилася у культуру іншої країни, набула багато нового досвіду, який є необхідним майбутньому фахівцю – польському філологу» [15].

Кожна зі студенток визнавала, що спочатку було страшнувато їхати до чужого міста, у чужу країну, важко, бо потрібно було налагодити побут, був страх опинитися в іншій країні, серед іншої (хоч і схожої) культури, в іншій (хоч і вивченій) мові. Важливим для студентів стало, що окрім формування перекладацьких навичок, досить багато уваги приділяють набуттю навичок редакторської, коректорської, викладацької діяльності. Найбільше студенти оцінюють можливість навчатися закордоном, завдяки якій близько познайомилися з особливостями країни, мову якої я опановують, випробували себе у самостійному житті, і найголовніше – побували у справжньому мовному середовищі країни, мова якої є дня них фундаментальною у майбутній професійній діяльності філолога-полоніста [2].

Студентка-полоністка В. Басіста, навчаючись у двох ЗВО одночасно (українському і польському), зазначає, що її академічна мобільність – це міжнародний досвід і міжкультурного спілкування, і вивчення мов у мовних середовищах, і можливість навчання у різних країнах одночасно, і набуття професійних компетентностей, що значно допомагає у становленні майбутнього фахівця-полоніста [7].

А. Бойко, майбутня вчителька-полоністка, підкреслює, що особливо важливим є спілкування із мовними носіями (що дуже важливо в удосконаленні мовних і комунікативних навичок), обізнаність у традиціях і культурі польського народу, що є надзвичайно цінним для удосконалення майбутньої педагогічної діяльності, адже весь набутий досвід й отриманий матеріал зможе використати і під час теоретичних занять в університеті та у процесі педагогічної практики [9].

«Orle Gniazdo» – участь студентів (майбутніх перекладачів із польської мови) у з'їзді молодих поляків дала можливість поглибити знання про країну походження їхніх предків, здійснити обмін досвідом між однолітками з різних країн, подолати стереотипи та упередження. Відбувалися полоністичні курси, спрямовані на вивчення польської мови та культури, що відіграли важливу роль у підготовці викладачів/перекладачів польської мови. Це і практика серед поляків, яка підвищує твій рівень знань з польської, це і глибше розуміння граматики, лексики та стилістики польської мови, що є важливими для якісного перекладу, а також допомога в отриманні уявлення про польську культуру, традиції, історію та особливості менталітету. Та ще й отримання великого досвіду на тему «Викладач – це психолог». Адже викладач володіє навичками спілкування та мотивації, щоб стимулювати студентів до активної участі у навчальному процесі та розвитку їхнього потенціалу, а ще це додаткове розуміння культурних особливостей, що дозволило бути більш компетентними у своїй професійній діяльності», – так зазначають студентки В. Алмасова та С. Щипановська за результатми міжнародної мобільності у 2023 році [6].

Подібні враження й у 12 студентів-полоністів ХНУ, які 2023 року взяли участь у реалізації програми академічної мобільності під час участі у Всесвітньому ювілейному конгресі молоді «KopernikCamp», що відбувався у Лідзбарку Вармінському, організатором якого стала Фундація «Wspólnota Polska». Як зазначають студенти, це найкраща можливість покращити свої мовні навички та зміцнити почуття власної національної ідентичності через контакт із польською культурою, історією та географією. «Нашим пріоритетом було вдосконалення мовної компетенції та зміцнення почуттів національної ідентичності, тому там було багато заплановано розмовників, бесід та майстер-класів з освітянами в галузі історії, географії, культури та польської

мови. Щодня ми вдосконалювали свої знання польської мови, бо комунікація – це ключ до дружби та порозуміння. Ми змогли поглибити свої знання на тему польської культури та історії, доторкнутися до полонійної спільноти крізь призму мови, культури, місцевих традицій», – Я. Гуменюк [1].

Під час міжнародної академічної мобільності в Університеті ім. А.Міцкевича у Познані 4 студентки-полоністки протягом тижня розширювали знання із дисциплін, які вони вивчають у ХНУ, «знайомилися із польською культурою та архітектурою Познані, поглибили філологічні знання з історії мовознавства, слов'янської філології, польської мови і літератури, академічного мовного етикету та стереотипів у мовній культурі, методики навчання польської мови. А ще – це нові знайомства, налагодження комунікації і перспективи подальшої співпраці» [3].

Магістрантка К. Стельмах, яка мала досвід здобуття вищої освіти і у Польщі, і в Україні, все ж відвідавши Торунь у рамках благодійної поїздки із дітьми військовослужбовців та чиї батьки загинули внаслідок російської агресії, вважає такий досвід найціннішим у своєму професійному житті, бо мала змогу повправлятися у письмовому і послідовному усному перекладах. Ситуації, що вимагали усного перекладу, були різноманітними: від звичних щоденних комунікатів про плани на день до перекладу майстеркласу з фізико-хімічними дослідами. Ще ближче знайомство з польською культурою та історією, шліфування мовних навичок» [8].

Участь магістрантів у Літніх школах при Лодзькому університеті та Сілезькому університеті – це також немалий досвід, адже це унікальна можливість не лише вивчити мову, але й відвідати найбільші туристичні пам'ятки, дізнатися про польську культуру, традиції та історію, познайомитися з поляками та інтегруватися з учасниками курсу з десятків країн світу, які поділяють ту саму пристрасть до вивчення Польщі та польської мови, це викладання на високому рівні, набуття нових мовних навичок, ознайомлення з новими методиками навчання, міжмовна та міжкультурна комунікація. Це реалізація своїх викладацьких та творчих здібностей. І постійне-постійне відчуття підтримки України в такий нелегкий час», – Н. Шарманова, К. Стингач [13; 17].

Під час навчання за програмою академічної мобільності студенти мали можливість познайомитися, обмінятися досвідом свого перебування в Польщі, а також поділитися враженнями від навчання в польських університетах та закладах вищої освіти у власних країнах (де вивчають польську мову та пов'язують із нею своє професійне майбутнє). Студенти під час перебування на навчанні у Польщі пізнали її як країну, її культуру та історію. Звісно, умови навчання дали можливість студентам-полоністам ХНУ поглибити знання з мови, літератури, культури, історії Польщі, що стане у нагоді в їх професійному житті, а також будуть корисними у набутті комунікативних і професійних навичок, ефективної міжкультурної комунікації, професійного спілкування та майбутнього становлення фахівця.

До подальших перспектив належить дослідження інших видів формування міжкультурної комунікації у студентів-полоністів, зокрема, участь у міжнародних мовних практиках, гостьових заняттях видатних науковців Польщі, майстер-класах із перекладу, творчих конкурсах, різних етапах міжнародних олімпіад з польської мови і культури та ін.

Література

1. АКАДЕМІЧНА МОБІЛЬНІСТЬ СТУДЕНТІВ-ПОЛОНІСТІВ НА ВСЕСВІТНЬОМУ КОНГРЕСІ МОЛОДІ У ЛІДЗБАРКУ ВАРМІНСЬКОМУ (ПОЛЬЩА). URL: HTTPS://KSF.KHMNU.EDU.UA/AKADEMICHNA-MOBILNIST-STUDENTIV-POLONISTIV-NA-VSESVITNOMU-KONGRESI-MOLODI-U-LIDZBARKU-VARMINSKOMU-POLSHHA/

2. Бацевич Ф. С. Основи комунікативної лінгвістики : підруч. Київ : Вид. центр «Академія», 2004. 344 с.
3. Відгуки студентів-полоністів про реалізацію програми міжнародної академічної мобільності в Університеті ім. А.Міцкевича (Польща). URL: https://ksf.khmnu.edu.ua/vidguky-studentiv-polonistiv-pro-realizacziyu-programy-mizhnarodnoyi-akademichnoyi-mobilnosti-v-universyteti-im-a-miczkevycha-polshha/
4. Голубовська І. О. Етнічні особливості мовних картин світу: монографія. К. : Логос, 2004. 284 с.
5. Манакін В.М. Мова і міжкультурна комунікація: навч.посіб. К. : ВЦ «Академія», 2012. 288 с.
6. Міжнародний з'їзд молоді полонійної «Orle Gniazdo»: можливості та розвиток студенток-полоністок ХНУ під час академічної мобільності. URL: https://ksf.khmnu.edu.ua/mizhnarodnyj-zyizd-molodi-polonijnoyi-orle-gniazdo-mozhlyvosti-ta-rozvytok-studentok-polonistok-hnu-pid-chas-akademichnoyi-mobilnosti/
7. «Мої спостереження і порівняння у системах освіти в Україні, Польщі та Франції». URL: https://ksf.khmnu.edu.ua/moyi-sposterezhennya-i-porivnyannya-u-systemah-osvity-v-ukrayini-polshhi-ta-francziyi-studentka-sop-20-viktoriya-basista/
8. Набуття професійних компетентностей у процесі туристично-пізнавальної поїздки до Польщі. URL: https://ksf.khmnu.edu.ua/nabuttya-profesijnyh-kompetentnostej-u-proczesi-turystychno-piznavalnoyi-poyizdky-do-polshhi/
9. Навчальна екскурсія до Кракова: найкращі місця для зимової подорожі. URL: https://ksf.khmnu.edu.ua/navchalna-ekskursiya-do-krakova-najkrashhi-misczya-dlya-zymovoyi-podorozhi/
10. Подлевська Н.В. Робоча програма «Міжкультурна комунікація у перекладознавчому аспекті». URL: https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=5617
11. Саракун Л. П. Основні тренди розвитку культури в умовах глобалізаційних трансформацій. *Філософські обрії*. 2008. № 19. С. 111−123.
12. Співпраця Хмельницького національного університету та Державної вищої східноєвропейської школи у м. Перемишль (Польща). URL: https://ksf.khmnu.edu.ua/spivpraczya-iz-derzhavnoyu-vyshhoyu-shidnoyevropejskoyu-shkoloyu-u-m-peremyshli-polshha/
13. Студії з полоністики в Літній школі NAWA при Лодзькому університеті. URL: https://ksf.khmnu.edu.ua/studiyi-z-polonistyky-v-litnij-shkoli-nawa-pry-lodzkomu-universyteti/
14. СТУДЕНТИ-ПОЛОНІСТИ ХНУ ПОГЛИБЛЮЮТЬ ПРОФЕСІЙНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ У ВИЩІЙ ДЕРЖАВНІЙ СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКІЙ ШКОЛІ ПЕРЕМИШЛЯ. URL: HTTPS://KSF.KHMNU.EDU.UA/STUDENTY-POLONISTY-HNU-POGLYBLYUYUT-PROFESIJNI-KOMPETENTNOSTI-U-VYSHHIJ-DERZHAVNIJ-SHIDNOYEVROPEJSKIJ-SHKOLI-PEREMYSHLYA/
15. СТУДЕНТСЬКА МОБІЛЬНІСТЬ – ЦЕ ЧУДОВО! URL: HTTPS://KSF.KHMNU.EDU.UA/STUDENTSKA-MOBILNIST-CZE-CHUDOVO/
16. Тепла О.М. Формування міжкультурної комунікації у процесі навчання іноземних студентів української мови. *Компаративні дослідження слов'янських мов і літератур*. 2010. Вип. 12. С.179-182.
17. Традиції навчання магістрів ХНУ у Літній школі польської мови та культури Сілезького університету (Польща). URL: https://ksf.khmnu.edu.ua/tradyczyi-

navchannya-magistriv-hnu-u-litnij-shkoli-polskoyi-movy-ta-kultury-silezkogo-universytetu-polshha/

18. Шашкова Л. О. Діалогічний вимір соціальної комунікації. Сучасна українська філософія : традиції, тенденції, інновації: збірник наукових праць. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2011. 304 с.
19. Щербина В. М. Культура діалогу як основа цілісності національної культури. *Діалог культур у просторі полікультурного світу* : зб. матеріалів доп. Всеукр. наук.-теор. конф., 9–10 лист. 2012 р. Київ : Нац. акад. керів. кадрів культури і мистецтва, 2012. С. 3–6.
20. Ball M. The visual availability of culture II Communication and Cognition. 1998. Vol. 31, No.2/3. P. 179–196.

WYKORZYSTANIE MATEMATYCZNEGO MODELU ZACHOWANIA SIĘ MATERIAŁU PRZY OBCIĄŻENIU CYKLICZNYM DO OKREŚLANIA TRWAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ W UJĘCIU ENERGETYCZNYM

Polański J.[1], Karasiewicz T.[2]
[1] Bydgoska Szkoła Wyższa w Bydgoszczy, Polska
[2] Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Polska

Streszczenie. W pracy zaproponowano matematyczny model zachowania się materiału przy obciążeniach cyklicznych do określania energii odkształcenia. Przedstawiono wybrane energetyczne kryteria zmęczeniowe w których może być wykorzystany model. Kryteria te bazują na sporządzanych doświadczalnie pętlach histerezy obciążenia cyklicznego, na podstawie których określana jest energia odkształcenia cyklicznego, a następnie trwałość zmęczeniowa materiału. Do sporządzania tych pętli proponuje się wykorzystanie przedstawionego modelu. Ponadto model matematyczny uwzględnia również wpływ prędkości obciążania na zachowanie się materiału przy cyklicznym obciążeniu.
Słowa kluczowe: Modelowanie matematyczne, kryterium energetyczne, trwałość zmęczeniowa.

Wprowadzenie

Zachowanie się materiałów konstrukcyjnych przy obciążeniach cyklicznych ma istotne znaczenie w konstrukcjach inżynierskich, zwłaszcza w przemyśle maszynowym, gdzie obciążenia prawie zawsze mają charakter cykliczny. Problem ten uwidacznia się szczególnie podczas opracowywania i eksploatacji takich konstrukcji jak: turbiny, zbiorniki ciśnieniowe, czy samoloty. Inżynier opracowujący projekt musi uwzględniać zjawisko zmęczenia materiału. Z tego powodu od wielu lat podejmowane są działania mające na celu zrozumienie zjawiska jak również szacowania uszkodzeń zmęczeniowych.

Cykliczny typ obciążeń powoduje występowanie w materiale określonych zmian zmęczeniowych, które rozwijają się, aż do pęknięcia zmęczeniowego elementu. Jednym z podstawowych określeń materiału jest jego trwałość zmęczeniowa, wyrażona zwykle liczbą cykli obciążenia do zniszczenia. Przy trwałości rzędu: 10^3 do 10^5 liczby cykli do zniszczenia mamy do czynienia z zakresem niskocyklowego zmęczenia. W zakresie tym pękaniu zmęczeniowemu towarzyszą duże naprężenia i relatywnie duże odkształcenia plastyczne. Wynika z tego, że zakres wytrzymałości niskocyklowej różni się od zakresu wytrzymałości wysokocyklowej przede wszystkim wielkością występujących odkształceń plastycznych lub wielkością pętli histerezy. W stosowanych obliczeniach trwałości zmęczeniowej wykorzystuje się analizę stanu naprężenia, odkształcenia lub rozpraszanej energii w zależności od liczby cykli.

Przy sporządzaniu wykresów zmęczeniowych w ujęciu naprężeniowym lub odkształceniowym wielkości kryterialne są jasno określone: w pierwszym przypadku jest nią amplituda lub zakres naprężenia, w drugim przypadku amplituda odkształcenia całkowitego lub zakres odkształcenia całkowitego, względnie amplituda odkształcenia plastycznego. Ujęcie energetyczne natomiast wymaga uwzględnienia zarówno zmienności naprężenia jak i odkształcenia. Opis ten daje również możliwość sumowania energii w trakcie cyklicznego odkształcania. Cecha ta stwarza możliwości formułowania hipotez sumowania uszkodzeń, w których wielkością kryterialną jest skumulowana energia. Miarą energii rozproszonej w materiale podczas cyklu obciążenia jest pole pętli histerezy. W ujęciu tym podstawowym problemem jest określenie części energii odpowiedzialnej za zmęczeniowe uszkodzenie materiału. Z tego powodu powstało szereg hipotez szacowania trwałości zmęczeniowej w ujęciu energetycznym.

Podstawowe równanie charakteryzujące trwałość zmęczeniową materiału przedstawiamy w postaci:

$$\Delta W = k N_f^{\alpha} + C \quad (1)$$

gdzie:

ΔW - gęstość energii odkształcenia;

N_f - liczba cykli do zniszczenia;

k - stała materiałowa;

C - energia odkształcenia przy obciążeniach równych granicy zmęczenia;

α - stała materiałowa.

Opis modelu matematycznego

Istniejące kryteria energetyczne bazują na sporządzanych doświadczalnie pętlach histerezy obciążenia cyklicznego, na podstawie których poprzez pomiar ich pola powierzchni, określana jest energia odkształcenia cyklicznego, a następnie trwałość zmęczeniowa materiału. Uzyskanie pętli w sposób doświadczalny jest kosztowne i pracochłonne. Następnym problemem jest wyodrębnienie jednej pętli histerezy w stanie ustalonym spośród wiązki wszystkich pętli i określenie jej pola powierzchni.

W pracy zaproponowano wykorzystanie modelu matematycznego [8,9] zachowania się materiału pod wpływem obciążeń cyklicznych do teoretycznego sporządzania pętli histerezy i określania jej pola powierzchni.

Stosowanie tego modelu pozwala uzyskać dowolną n-tą pętlę oraz szybko obliczać jej pole powierzchni, gdyż znane jest równanie ją opisujące. Pozwoli to zastąpić część kosztownych i pracochłonnych badań eksperymentalnych, badaniami teoretycznymi.

Ponadto z badań eksperymentalnych wynika, że na zachowanie się materiałów poddanych obciążeniom cyklicznym (cykliczne umocnienie lub osłabienie) jest uzależnione między innymi od prędkości obciążania. Istniejące kryteria trwałości zmęczeniowej zarówno w ujęciu energetycznym, naprężeniowym jak i odkształceniowym nie uwzględniają wpływu prędkości obciążania na zachowanie się materiału.

Do opracowania modelu matematycznego wykorzystano określanie odkształceń w przestrzeni Iljuszyna [4]. Według niego elementarne odkształcenia określa ruch płaszczyzny stycznej do powierzchni plastyczności, a całkowite odkształcenie równe jest ich sumie.

$$\varepsilon_{ij} = \int_{\alpha}\int_{\beta}\int_{\gamma} F(H_N)\, d\alpha\, d\beta\, d\gamma \quad (2)$$

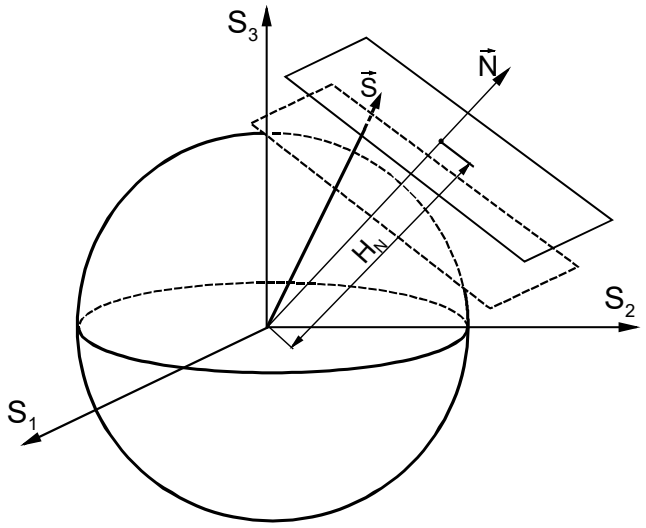
gdzie:

F - charakterystyczna funkcja materiału zależna od H_N;

H_N - odległość od początku układu do płaszczyzny stycznej do powierzchni plastyczności, składowa wektora N (normalnego do płaszczyzny stycznej);

λ - kąt miedzy normalnymi N i n;

α, β - kąty określające normalną n.



Rys. 1. Przemieszczenie płaszczyzny wcześniej stycznej do powierzchni plastyczności po normalnej N

Po wykonaniu całkowania wzór będzie miał postać:



(3)

gdzie:

ε_{ip} - odkształcenie pełnego i- tego półcyklu;

ε_{kp} - odkształcenie k – tego półcyklu, $\varepsilon_{kp} = 2g\Gamma(a_k)$ dla $k \geq 1$, $g = \frac{\pi S_0^2}{6r}$;





$t_{i-1} = (2i-1)t_c$;

p,b – stałe,

v- prędkość obciążenia,

S_0 - granica plastyczności,

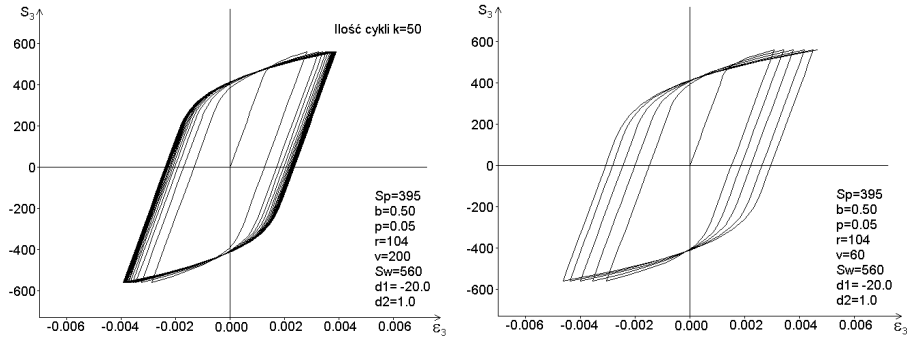
S_3 - naprężenie,

S_A - amplituda naprężenia,

Całkowita deformacja:

$$\varepsilon_k = \frac{S_3}{2G} + \varepsilon_{p\Sigma} \tag{4}.$$

Stosowany model matematyczny do opisu zachowania się materiału pod wpływem obciążeń cyklicznych uwzględnia wpływ prędkości obciążania na trwałość zmęczeniową materiału Rys. 2.



Rys. 2. Wpływ prędkości obciążania na zachowanie się materiału

Hipotezy zmęczeniowe w ujęciu energetycznym

Jedną z pierwszych hipotez energetycznych jest hipoteza zaproponowana przez M.A. Minera [7]. Według tej teorii liczba cykli do zniszczenia przy ustalonym poziomie naprężenia jest ułamkiem czasu trwałości elementu. Gdy całkowite uszkodzenie osiągnie wartość 100 % element musi ulec pęknięciu.

$$\sum_{i=1}^{k} \frac{n_i}{N_i} = 1 \tag{5}$$

Hipoteza ta posłużyła następnie do budowy kumulacyjnego modelu trwałości zmęczeniowej, poprzez wprowadzenie liniowego związku pomiędzy energią, a żywotnością w postaci:

$$\frac{\Delta W_i}{W} = \frac{n_i}{N_i} \tag{6}$$

Z kolei kryterium Feltnera i Morrowa [1] uznać można za pierwsze energetyczne kryterium trwałości zmęczeniowej zweryfikowane doświadczalnie. Autorzy założyli, że ilość energii rozproszonej na jednostkę objętości materiału D_C do chwili zniszczenia próbki jest stała i równa energii dyssypacji w czasie statycznego rozciągania D_S.

$$D_C = \sum_{N=1}^{N} D_N = D_S \tag{7}$$

W dalszych swoich pracach Morrow przedstawił kryterium w następującej postaci



(8)

gdzie:

W_f - sumaryczna energia odkształcenia plastycznego wywołująca zmęczenie,

ΔW - energia pętli histerezy,

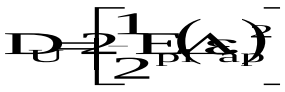
N_f - żywotność próbki,,

σ'_f - współczynnik wytrzymałości zmęczeniowej,

ε'_f - współczynnik odkształcenia zmęczeniowego.

W 1961 roku Martin [6] zaproponował hipotezę wg której, zniszczenie zmęczeniowe następuje wtedy, gdy całkowita wartość energii wzmocnienia osiągnie wartość krytyczną. Do opisu kryterium przyjęto uproszczony schemat równoległobocznej pętli histerezy.

Energia wzmocnienia D_U w pełnym cyklu wyniesie:



(9)

gdzie:

$E_{pl}=tg\alpha$

Po przyjęciu zgodnie z założeniami kryterium równości energii całkowitej W_U i energii odkształcenia przy statycznym obciążeniu U, energia całkowita wyniesie:



(10).

Romanow [10] zaproponował kryterium zniszczenia zmęczeniowego założywszy, że zniszczenie nastąpi gdy różnica między energią rozproszoną w półcyklu rozciągania i ściskania osiągnie wartość krytyczną równą polu pod krzywą statycznego rozciągania. Warunek zniszczenia dla tej hipotezy możemy zapisać jako:



(11)

gdzie:

U - energia odkształcenia podczas rozciągania statycznego,

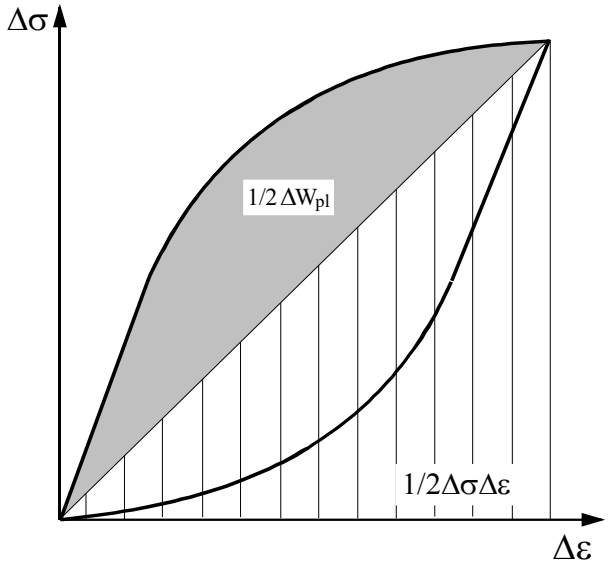
ΔW_r - pole pętli histerezy w półcyklu rozciągania,

ΔW_C - pole pętli histerezy w półcyklu ściskania.

Wraz ze wzrostem żywotności materiału całkowity zakres odkształceń zmniejsza się, dlatego trudniej jest mierzyć energię histerezy. Aby tego uniknąć Kujawski zaproponował kryterium wytrzymałości zmęczeniowej [5] , w którym za miarę zniszczenia przyjęto sumę połowy energii dyssypowanej i połowę iloczynu zakresów naprężenia i odkształcenia.



(12).



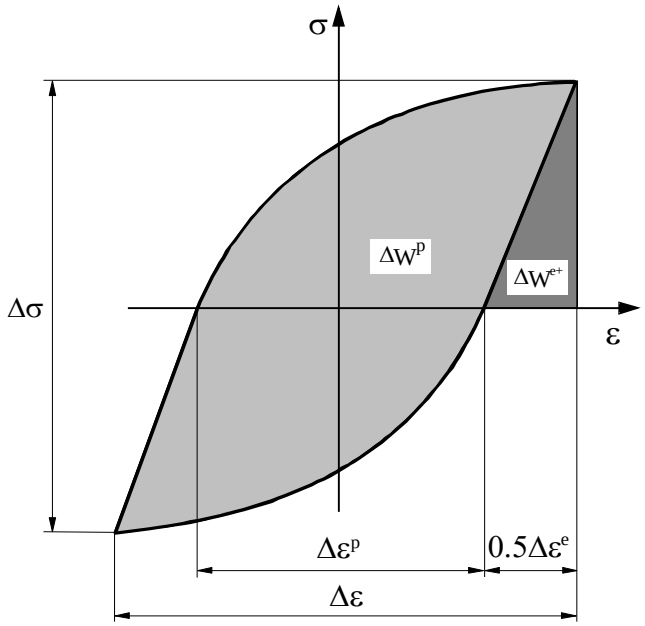
Rys. 3. Ilustracja hipotezy Kujawskiego.

Gołoś w pracach [2,3] zaproponował zastosowanie jako parametru zniszczenia – gęstości energii odkształcenia całkowitego, równej sumie gęstości energii rozproszonej w cyklu w wyniku powstawania odkształceń plastycznych, w stanie nasycenia materiału, oraz gęstości energii odkształcenia sprężystego w półcyklu rozciągania. Badania doświadczalne w zakresie małej liczby cykli wykazały, że istnieje zależność pomiędzy energią wyznaczoną z pola pętli histerezy w stanie nasycenia – gęstością energii rozproszenia, a liczbą cykli do zniszczenia. Stan nasycenia dla materiałów ulegających cyklicznemu umocnieniu lub osłabieniu ustala się już po kilkudziesięciu cyklach, najpóźniej jednak pomiędzy 1/3 a 1/2 liczby cykli do zniszczenia. W ogólnej postaci kryterium to można opisać następująca zależnością:

$$\Delta W = \Delta W^{p} + \Delta W^{e+} \tag{13}$$

gdzie:
ΔW^{t} - gęstość energii odkształcenia;
ΔW^{p} - odkształcenie podczas statycznego rozciągania;
ΔW^{e+} - gęstość energii sprężystej w półcyklu rozciągania.

Na rysunku 4 przedstawiono interpretację geometryczną parametru zniszczenia.



Rys. 4. Interpretacja geometryczna kryterium.

Dla materiałów podlegających zasadzie Masinga pole powierzchni pętli oraz energię odkształcenia sprężystego w półcyklu rozciągania można wyrazić zależnościami:

$$\Delta W^{p} = \frac{1-n'}{1+n'}\Delta\sigma\Delta\varepsilon^{p} \qquad \Delta W^{e} = \frac{\Delta\sigma\Delta\varepsilon^{e}}{8} = \frac{1}{8E}\Delta\sigma^{2} \tag{14}$$

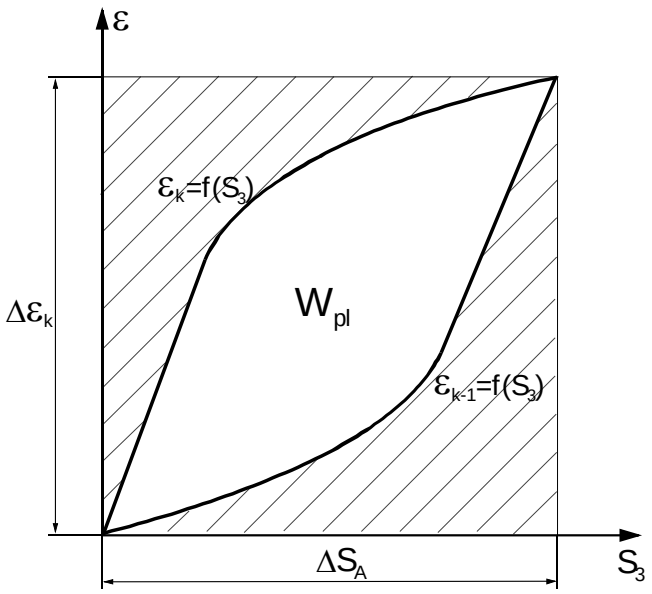
gdzie:
n’ - wykładnik umocnienia cyklicznego;
$\Delta\sigma$ - zakres naprężeń;
$\Delta\varepsilon^{p}$ - zakres odkształceń plastycznych;
$\Delta\varepsilon^{e}$ - zakres odkształceń sprężystych;
E - moduł sprężystości podłużnej.

Szerszy przegląd hipotez znaleźć można w szeregu publikacjach dotyczących trwałości zmęczeniowej w ujęciu energetycznym. Liczba tych publikacji świadczy o istnieniu zależności pomiędzy energią odkształcenia a zmęczeniem materiału. Mimo tego, że liczba hipotez energetycznych stale wzrasta brak jest hipotezy uniwersalnej.

W przedstawionych kryteriach niezbędna jest znajomość pola pętli histerezy, które wyznacza się eksperymentalnie. Przedstawiony model pozwala to zrobić teoretycznie, ponieważ znając równania na deformację, które są zarazem równaniami opisującymi gałęzie pętli histerezy obliczyć można pole teoretycznej pętli histerezy:

$$W_{pA} = \int_{0}^{\Delta S_A} d\varepsilon_k - \int_{0}^{\Delta S_A} dS_k \tag{15}$$

gdzie:
ΔS_A - zakres naprężenia,
$\Delta\varepsilon_k$ - zakres odkształcenia.



Rys. 5. Schemat obliczenia energii odkształcenia plastycznego

Wnioski

1. Przedstawiony sposób określania energii jest prosty i łatwy w realizacji.
2. Do określania trwałości zmęczeniowej metoda nie wymaga badań eksperymentalnych ponieważ pętle histerezy można otrzymać na podstawie modelu matematycznego.
3. Model matematyczny uwzględnia prędkość obciążania, od której zależy zachowanie się materiału pod wpływem obciążeń cyklicznych.
4. Model został zastosowany do hipotez zmęczeniowych w ujęciu energetycznym, które znajdują się w fazie rozwoju stąd celowa jest dalsza jego weryfikacja i modyfikacja.

Literatura

1. Feltner C.E.,Morrow J.D., Microplastic strain hysteresis energy as a criterion for fatigue fracture, J. Basic Engineering ASME 110, 15 – 22.
2. Gołoś K., Energetistic formulation of fatigue strength criterion, Archiwum Budowy Maszyn, Tom XXXV, z. 1-2, Warszawa 1988, s. 5-15.
3. Gołoś K., Trwałość zmęczeniowa metali w ujęciu energetycznym, Prace Naukowe, Mechanika, z.123, Politechnika Warszawska, Warszawa 1989.
4. Iljuszin A.A., Ob osnowach obszczej matematiczeskoj teorii płasticznosti, Wopr.teorii płasticznosti.- M, Izd-wo AN CCCP, 1961, 3-29
5. Kujawski D., Modelowanie trwałości zmęczeniowej i propagacji pęknięć w metalach, Prace Naukowe, Mechanika, z.133, Politechnika Warszawska, Warszawa 1991.
6. Martin D.E., An energy criterion for low-cycle fatigue, Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, Journal of Basic Mechanics, 12, 1961, s. 565-571.
7. Miner M.A., Cumulative damage in fatigue, Journal of Applied Mechanics, 12, 1945, s. 159-164.
8. Polański J. (1999): Analiticznie opisania znakozminnoj deformacji, Maszinoznawstwo, N 1, 9 – 12.
9. Polański J., Rusinko K. M. (2000): Sintezowa teoria płasticznoj deformacji z wrachowaniam szwidkosti nawantażenia, Fiz. Chim. Mech. Mater, No. 1, 39 - 42.

10. Romanow A.N., Energeticzeskije kriterii razruszenija pri malociklovom nagrużenii, Soobszczenie 1, Energia razruszenija pri malom cisle ciklov nagrużenija, Problemy Procznosti, Nr 1, 1974, s. 3-10.

RESEARCH OF THE SCREW EXTRUDER OF A THREE-DIMENSIONAL PRINTING DEVICE USING SOLIDWORKS PROGRAM APPLICATIONS

Polishchuk A., Polishchuk O., Skyba M., Lisevych S., Ramskyi A.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. In the article, using the SolidWorks Simulation software environment, strength calculations of the extruder screw of the three-dimensional printing device were carried out, including the analysis of stresses and deformations from internal and external loads,
Implemented using the Solidworks Flow Simulation software environment, simulating the operation of the screw extruder of a 3D printer. ABS plastic was chosen as a polymer for modeling and its properties were set. The change in temperature and velocity of movement of molten polymer from the stage of its transition from a solid state to a viscous state is simulated.
The simulation made it possible to identify potential problem areas in the extrusion process. The data obtained can be used to further improve the screw extruder design, optimize temperature and pressure parameters to ensure better print quality and greater material efficiency.
Keywords: screw extruder, auger, strength, modeling, SolidWorks, SolidWorks Simulation, SolidWorks Flow Simulation.

1. Introduction

Screw extruders have gained considerable popularity in modern production technologies. They have also found application in three-dimensional printing. They are not only a key element in 3D printing devices, but also perform important functions in other industries, such as the food and pharmaceutical industries, the automotive and aerospace industries, the construction sector, and others.

The study of the strength and efficiency of the screw extruder becomes an important task to ensure its optimal functioning. The traditional method of strength analysis is the finite element method (FEM). It is the basis of all modern software products in the field of computer engineering, such as ANSYS, LS-DYNA, Nastran, SolidWorks, etc.

Today, one of the most common software environments for strength analysis of parts is the SolidWorks program, due to the availability of advanced tools for modeling and analysis.

To assess the strength of the screw, the SolidWorks Simulation application is used, which allows realistic and accurate calculations of the mechanical properties of structural elements. This approach allows you to preliminarily assess the strength and durability of the screw before its physical manufacture and use in real conditions.

In addition, the SolidWorks Flow Simulation software environment can be used to simulate the operation of the screw extruder of a 3D printer. This will allow the extruder to be investigated and optimized in terms of hydrodynamics and heat transfer, which is critical to ensure the stable and efficient operation of the device.

The prospects for simulating the operation of a 3D printer screw extruder in the SolidWorks Flow Simulation software environment offer significant potential in improving the design and optimization of 3D printing. SolidWorks Flow Simulation is a powerful tool for analyzing fluid and gas dynamics, allowing engineers to accurately predict the behavior of liquids and gases as they move through an extruder.

Simulation helps in the study of the processes of melting and feeding of crushed polymer in the extruder, which is important for determining the optimal temperature conditions and feed rate. An important advantage is the ability to analyze the thermal processes inside the screw extruder, which includes temperature distribution, detection of overheating locations and evaluation of cooling efficiency. Simulation allows you to identify the optimal screw design to ensure a uniform supply of material and prevent blockage. Through simulation, it is possible to

reduce the number of physical prototypes that need to be produced, as most testing can be done virtually. SolidWorks Flow Simulation allows you to test how different materials will behave during the extrusion process, which is important for working with new composite mixtures. A better understanding of the processes inside the screw extruder helps in optimizing the printing parameters, which helps to improve the quality of the final product.

The use of SolidWorks Flow Simulation to simulate the operation of a 3D printer screw extruder is a promising area that can significantly improve the understanding and optimization of 3D printing processes.

The methodology of the research, the results obtained and their analysis will allow you to get a deeper understanding of the processes taking place in the screw extruder of a 3D printer and will improve its design to achieve better productivity and print quality.

2. Research results

Performing strength studies of the screw, extruder, and three-dimensional printing device is an important part of the process of developing reliable and efficient equipment for 3D printing [1, 2]. The calculations ensure that the specified tool will be able to withstand the high loads that may occur during the extrusion process, without the risk of its deformation or failure. The presence of deformation will affect the stability and accuracy of printing.

Screw extruder parts have a predictable service life [3]. During it, their reliability and mechanical strength must be ensured. Ensuring the longevity of parts is the most important task of design engineers.

Using the SolidWorks Simulation software environment, the strength calculations of the extruder screw were performed, including the analysis of stresses and strains from internal and external loads.

To study the operation of the auger, it is necessary to simulate its working processes. For this purpose, the SolidWorks Simulation software environment was used, which made it possible to simulate the screw jamming process. This made it possible to study in detail and analyze the conditions and factors that can lead to mechanical failures in the operation of the screw and the extruder as a whole. Thanks to the use of simulation, it is also possible to determine the optimal parameters for the operation of this working body.

The screw extruder was loaded with a Nema 17 17HS24-2104S planetary gearbox stepper motor [4].

The main technical characteristics of this engine:

- engine type: bipolar stepper;
- pitch angle: 1.8 degrees;
- holding torque: 65 N·cm;
- Rated current/phase: 2.1A;
- phase resistance: 1.6 Ohm;
- Inductance: 3mH ± 20% (1KHz);
- 5:1 planetary gearbox.

We calculate the torque applied by the engine using the formula:

$$M_{m.r.} = M_{s.m.} \cdot i_{r.}. \quad (1)$$

Then:

$$M_{m.r.} = 0,65 \cdot 5 = 3,3 H \cdot m.$$

The steps for calculating the strength of the screw are shown in Figures 1-6.

The stage of applying torque and fixing the model is shown in Figure 1. Torque is applied clockwise on the left of the model, and the $M_{m.r.} = 3,3H \cdot m$ model is rigidly fixed on the right (green arrows). In the future, the characteristics of the screw are set (material steel 38X2N2MA, tensile strength 860 MPa, Fig. 2); the model is divided into a grid for simulation (Fig. 3); The simulation starts.

The results are presented in Figures 4 – 6.

Figure 4 shows the stresses (MPa) that occur in the model.

Figure 5 shows the equivalent deformation.

Next, the factor of safety of the screw is calculated. The results of the calculation are shown in Figure 6. According to the results of the calculations, the safety factor was $K_{s.s.} = 1,41$. More than 1 is allowed.

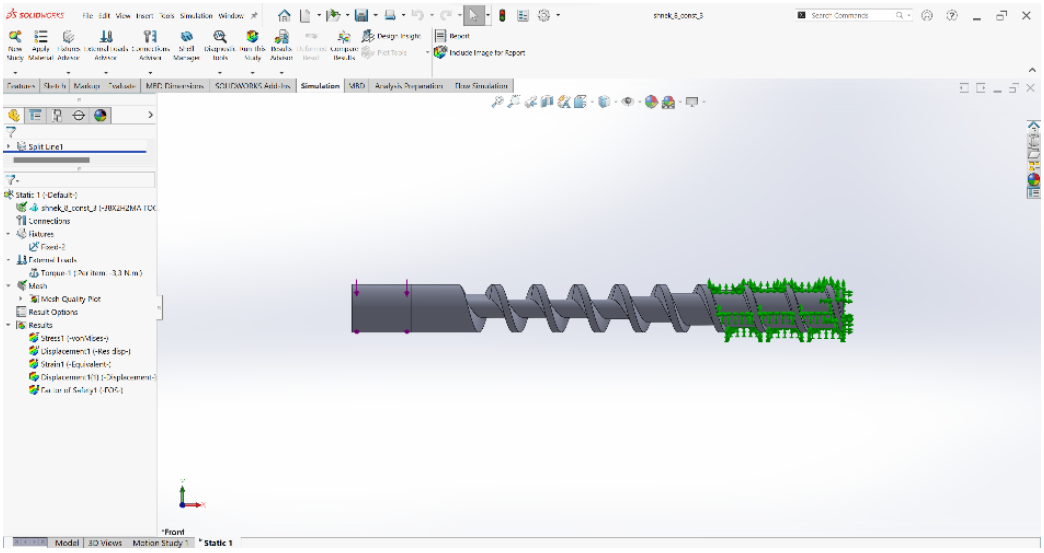


Fig.1. Applying torque and fixing the model

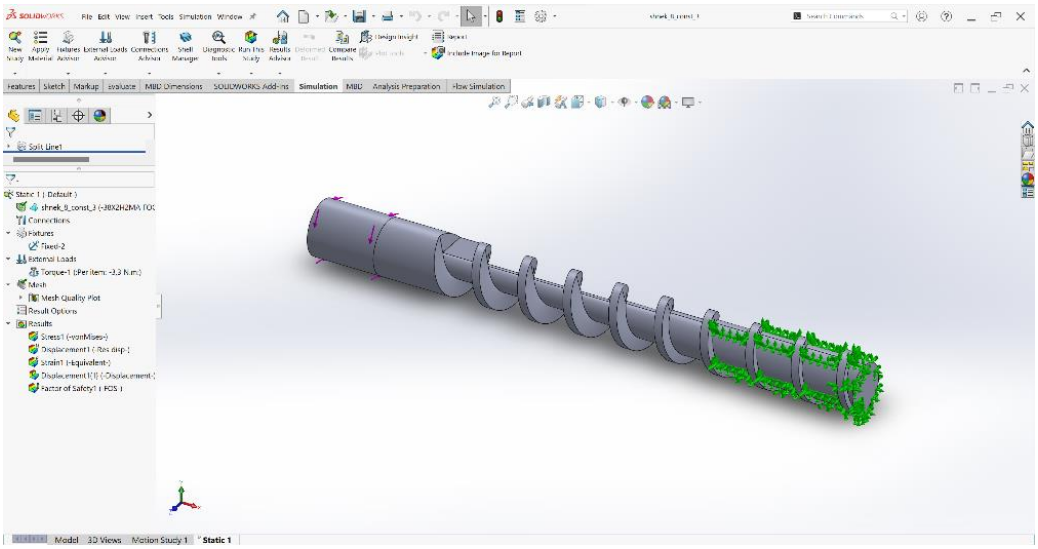


Fig.2. Model with specified characteristics

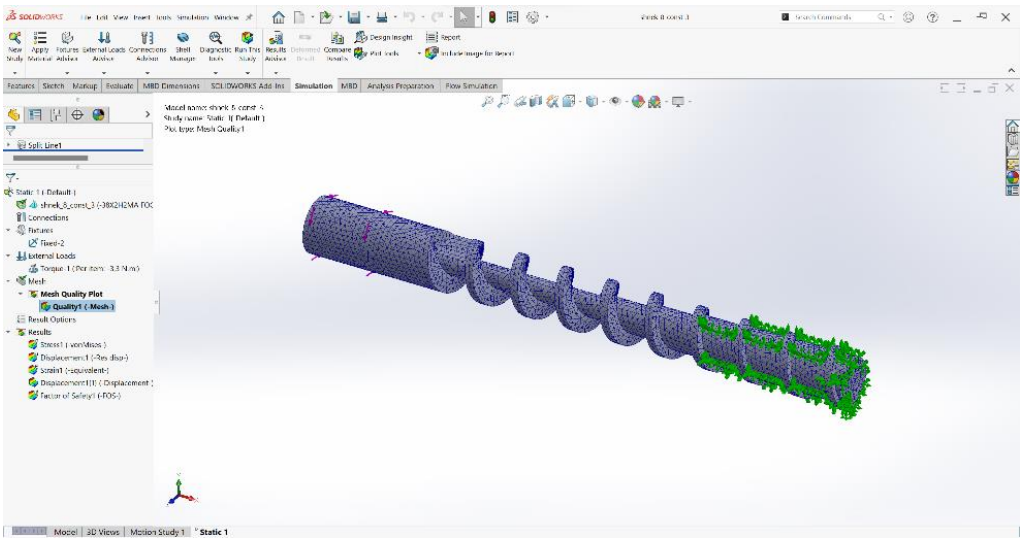


Fig.3. Model with a grid for simulation

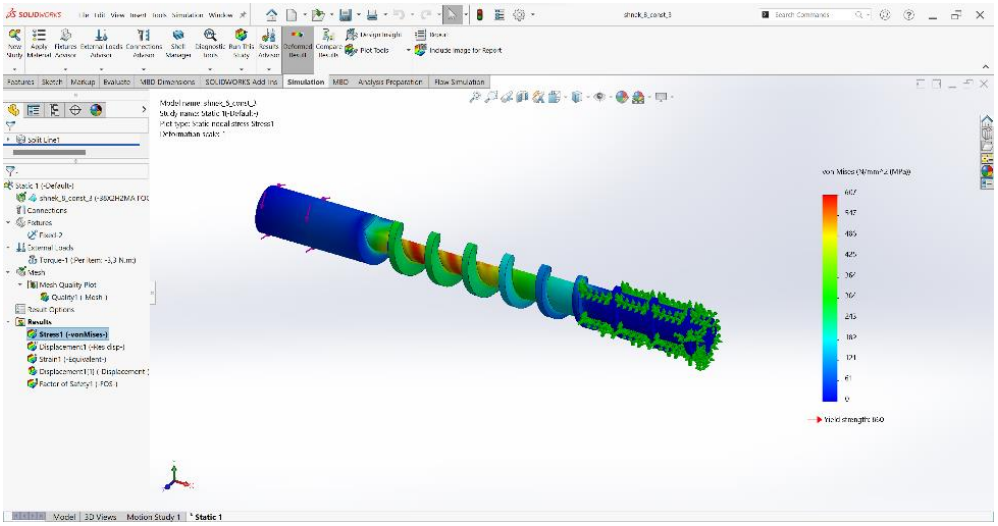


Fig.4. Stresses occurring in the model

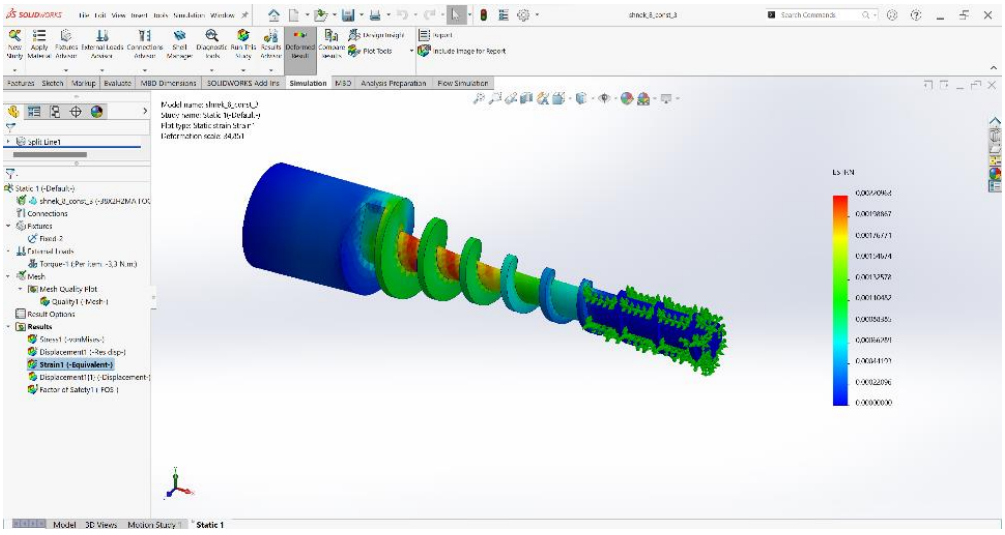


Fig.5. Equivalent deformation

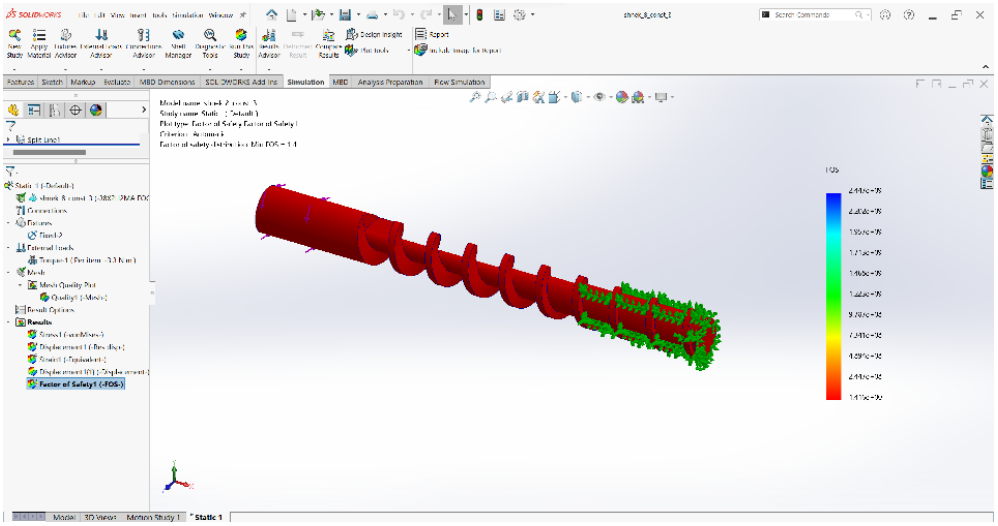


Fig.6. Calculation of the factor of safety of the screw

Using the Solidworks Flow Simulation software environment, the operation of the screw extruder of the 3D printer was simulated. ABS plastic was chosen as a polymer for modeling and its properties were set. The change in temperature and speed of movement of the molten polymer from the stage of its transition from a solid state to a viscous state was simulated. The obtained models are presented in Figs. 7, 8. The analysis made it possible to draw the following conclusions.

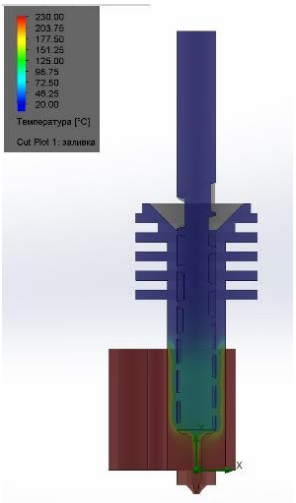


Fig.7. Model of temperature change in screw extruder

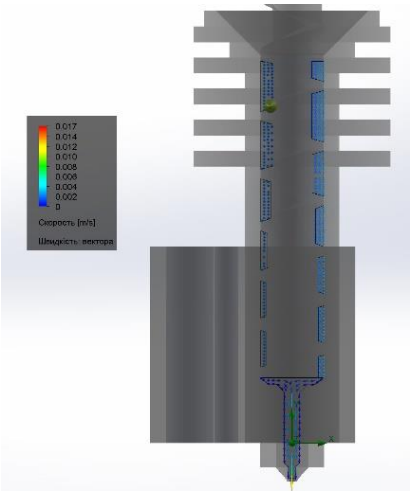


Fig.8. Model of change in the speed of movement of molten polymer in a screw extruder

The temperature model (Fig. 7) shows the temperature distribution along the length of the extruder screw. Normally, the temperature rises from the inlet of the screw to the outlet, where the polymer is melted and expelled through the nozzle. Analysis of the obtained model shows that there is a uniform temperature distribution in the extruder. This, in turn, avoids problems with the quality of the extruded material. A higher temperature at the end of the auger indicates that the material has reached the right temperature to effectively extrude the polymer through the nozzle and apply it to the printer platform to create a three-dimensional part.

Velocity model (Fig. 8). On it you can see the profile of the speed of the material in the extruder. The speed of the material increases as it moves towards the nozzle. In this way, a

stable and constant flow is ensured. No irregularities were observed in the velocity profile to indicate potential blockage or clogging problems in the extruder.

The paper [1] provides a theoretical graph of pressure change in a three-zone screw extruder (Fig. 9). Analysis of the graph shows that the pressure increases from the loading area to the end of the compression zone. Then there is a drop in pressure in the dosage area.

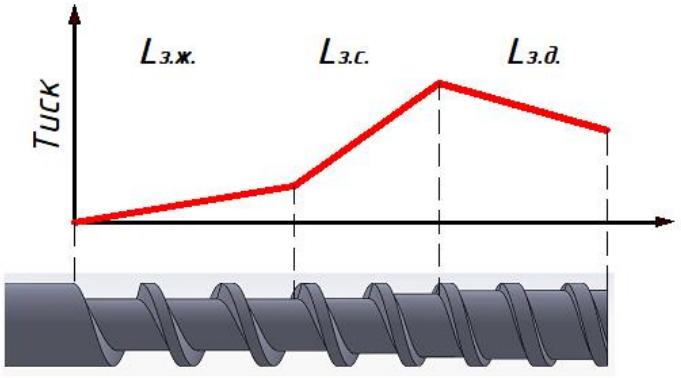


Fig.9. Pressure change graph in a three-zone screw extruder: Lz.s. – the length of the supply zone; Lz.c. – length of the compression zone; Lz.d. – length of the dosing zone

Analysis of the pressure distribution model in Fig.10 shows that high pressure is maintained along almost the entire length of the screw. It begins to decrease only at the end of the screw (in the dosing area) and in the nozzle. This pressure distribution may indicate a slightly incorrect simulation of the screw rotation process in the SolidWorks Flow Simulation software environment.

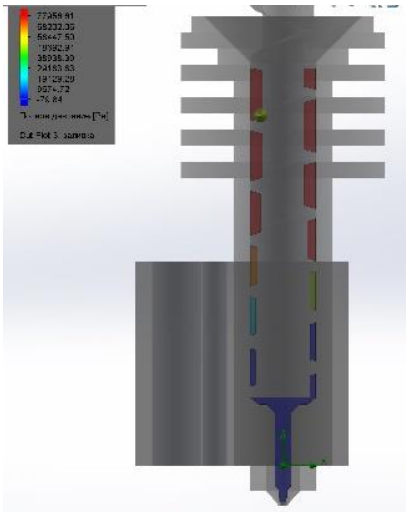


Fig.10. Model of pressure change in screw extruder

CONCLUSION

The strength calculations of the screw using the SolidWorks Simulation program made it possible to identify potential weaknesses of the screw design and make the necessary adjustments to ensure the reliability and durability of this working body and calculate the factor of safety within the permissible limits. This approach ensures that the screw extruder will process different types of polymeric materials and is able to work in different conditions.

Based on the simulation of the operation of the screw extruder of the 3D printer in the SolidWorks Flow Simulation software environment and the results obtained, it is possible to conclude about the efficiency of the extruder. The simulation made it possible to identify

potential problem areas in the extrusion process. Also, the data obtained can be used to further improve the design of the screw extruder, optimize temperature and pressure parameters to ensure better print quality and greater efficiency in the use of materials.

REFERENCES

1. Polishchuk A., Polishchuk O. (2023). Development of a 3D-printer extruder screw design method. Bulletin of the Khmelnytskyi National University. Technical sciences. No. 4. P. 389-482.
2. Polishchuk A.O. (2023). Development of a screw extruder design for a 3D printer that uses granules or crushed polymer particles as raw materials. Technologies and engineering. No. 5. P. 33-49.
3. Polishchuk O., Skyba M., Polishchuk A., Lisevich S., Zozulia P., Voitsekhov D. Engineering calculations of strength of the details made by 3D-printing method. Technical creativity: coll. of science works Khmelnytskyi: KhNU, 2021. № 4. P. 33-34.
4. NEMA17 Stepper Motor [Electronic resource] – Access Mode: http://surl.li/psugk.

ANALYSIS OF POLYMER WASTE AND EQUIPMENT FOR THEIR PROCESSING

Polishchuk A.O., Polishchuk O.P., Pasatiuk V.A., Skyba M.Ye., Bromberek F.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The article analyzes polymer waste and equipment for their processing. A literature review was conducted on the study of the problems of grinding polymer materials and the study of their properties. The waste generated during the manufacture of clothes and shoes is considered. It was determined that among the main types of light industrial waste, thermoplastic materials are the most attractive, both in economic and ecological aspects, when processing them. It was established that in the process of cutting the knitted fabric, waste is formed in the form of patterns. It was determined that today waste from cutting knitted and textile fabrics is processed in very limited quantities compared to others. It has been established that the need for the processing of polymer waste, which is generated in the process of manufacturing products using 3D printing, is currently relevant. It was determined that the utilization of solid polymeric household waste is currently an urgent task, which many scientists of the world are working on. Polymer waste processing technologies and equipment that can be used in this process are considered.
Keywords: Polymer waste, light industry, knitted fabrics, 3D printing, solid household waste.

Introduction

Creation of equipment for lime waste processing is relevant for several reasons. First, it promotes effective waste management, which is an important aspect of modern environmental policy. A large amount of polymer waste accumulated in industrial and residential areas creates significant problems for the environment. Shredding of such waste to the minimization of its volume allows to reduce the load on solid household waste landfills.

Secondly, recycled polymer materials can be reused in production, which helps to save resources and reduce production costs. Polymer recycling not only reduces the need for primary raw materials, but also reduces carbon dioxide emissions associated with the production of new plastics.

The third reason for the urgency of developing such equipment is the high economic benefit. Processing products can be used as raw materials for various industrial sectors, in particular in construction, packaging production, in the automotive industry.

In addition, the development of innovative equipment for shredding polymer waste corresponds to global trends of sustainable development, ensuring the closure of the material cycle and the transition to a closed cycle economy, where recovery and reuse of materials is possible as much as possible.

Literary review

Such domestic scientists as V.P. Misiats, O.P. Burmistenov, I.O. Mikulonok, M.E. Skyba, and Y.B. Mykhaylovsky devoted their scientific works to the study of the problems of grinding polymer materials and their properties. and others [1-12]. The scientific works of foreign scientists are also aimed at the development of energy-efficient equipment for the mechanical destruction of materials and the study of both working bodies and the grinding process itself [13-20].

At the same time, the problem of processing waste polymer materials for powering extruders of 3D printers and casting machines and researching crushed particles remains partially unsolved and requires constant improvement, as new polymer materials appear and the amount of polymer waste from 3D printing, sewing, shoe and textile industries, solid household waste [21].

A wide range of polymer materials used at light industry enterprises causes the growth of waste volumes, the use of which is a significant reserve for expanding the raw material base,

saving money and labor resources, and preventing environmental pollution.

Results and discussion

Different types of material waste occur during the manufacture of clothing and footwear. Among the main types of production waste, thermoplastic materials are the most attractive, both in economic and ecological aspects, when processing them [22]. Polyester (polyethylene terephthalate) and nylon (Fig. 1) occupy the leading positions in the world among synthetic polymers for the manufacture of light industry products. Polyester is known to the world under another name - Mylar. Different types of nylon are also used in the garment industry due to their different density, stiffness and purpose.

Most light industrial waste is still thrown away and burned in incinerators or ends up in landfills. Among them are waste and products containing polyester (mylar) and nylon fibers. Therefore, the creation of a technology for processing waste containing polyester or nylon fibers into new finished products is an urgent task.



a b

Fig. 1. Waste polymer materials of light industry: a – polyester (Mylar); b – nylon [23]

One way to recycle plastic is to use recycled polyester and nylon waste into 3D printer consumables. Previously conducted experiments on the production of filament from crushed waste of the specified materials using an extruder showed positive results [23].

In the process of cutting the knitted fabric, waste is formed in the form of patterns (Fig. 2). The share of fabric not suitable for further use is 8-12%. The average consumption of material at a sewing enterprise with 10 workers in the sewing shop is from 1500 to 2000 kg per month for a three-thread footer and 1250-1750 kg for a two-thread footer, that is, from 100 to 250 kg is produced per month at one enterprise. The total consumption of fabrics in Ukraine is about 2.5 million kg per month, that is, up to 250 thousand kg of waste potentially suitable for processing. The great value of cotton materials and the growing threat of environmental pollution from production waste constantly require the search for new opportunities for their reuse.



a b

Fig. 2. Knitted fabric waste: a – pattern; b - fibers

Currently, the waste of cutting knitted and textile fabrics is processed in very limited

quantities in relation to others. Basically, this waste is burned in solid fuel boilers for space heating, which is extremely unfriendly. Along with cotton, polyester and elastane, which are also part of the fabric, burn. As a result of the burning of polyester, a large amount of carbon monoxide and carbon dioxide are released into the environment, which pollute the environment. In addition, the ignition and burning of fabric takes place at an insufficiently high temperature of 215 ^{0}C for 100% cotton, while the ignition temperature of wood is 270 ^{0}C, and combustion is 450 - 620 ^{0}C. From this, it can be concluded that the use of fabric waste in in the form of fuel is irrational.

Waste from the cutting of knitted and textile fabrics is used as a wiping material at enterprises of various industries and service stations. For these purposes, the use of these wastes is not the best choice, because after dyeing the fabric, during its production, acetic acid and silicones are used to fix the color, which in turn reduce the ability to absorb moisture.

The need to process polymer waste generated in the process of manufacturing products using 3D printing is currently urgent. The increase in the production and use of plastic materials leads to an increase in the volume of waste, which has a negative impact on the environment. Processing of polymer waste helps to reduce the negative impact and preserve natural resources. Polymer materials in the production process are valuable resources. Recycling of waste allows you to use it effectively and reduces the cost of purchasing new material [24].

Thus, the processing of polymer waste is important from the point of view of ecology and economy, and its development is an urgent task in modern production, in particular in the context of 3D printing.

In the process of manufacturing products using 3D printing, polymer waste is generated. The main types of polymer waste arising in this process can be: unsuccessfully printed parts due to the wrong shape or printing with defects; supporting structures, which are necessary to stabilize the parts during printing and which are subsequently removed; substrates and edges of the first layer, necessary to exclude deformation and detachment of the part from the 3D printer platform, etc. ABS plastic waste formed in the process of 3D printing of parts and products is shown in Fig. 3 [25].



a b

Fig. 3. Plastic waste generated during 3D printing:
a – ABS plastic; b – PLA plastic

Finding ways to dispose of solid polymer household waste is one of the tasks that many scientists around the world are working on. The emergence and development of new industries, the rapid growth of the population due to the increase in consumption, all this leads to an increase in waste that poses a danger to the environment. In recent years, the level of production and consumption of polymeric materials has increased. Most of the manufactured products are containers. The sphere of application of PET in the world is distributed approximately as follows: about 70% of plastic goes to the production of threads and fibers (polyester), about 30% - to plastic bottles.

Polyethylene terephthalate waste practically does not decompose. Processing of this type of waste is not yet sufficiently developed, and its disposal, including burning or storage in landfills, causes significant damage to the environment.

Plastic bottle recycling technologies are profitable and environmentally friendly. They reduce the need for primary raw materials, save labor, reduce the consumption of 50-60% of the energy that would be necessary for the production of a product from primary raw materials, contribute to further environmental protection and improve the existing ecological situation, and reduce greenhouse emissions.

The problem of recycling PET waste is relevant for the entire world community, so it must be solved by joint efforts based on research and advanced technologies.

One of the methods of plastic recycling is the use of recycled polyethylene terephthalate waste, in particular PET bottles, as consumables for 3D printers (Fig. 4).

The processing of polymeric materials covers a wide range of processes that transform raw materials into a product with specified operational properties for use. There are many techniques and methods of plastic processing, and the choice of a specific method depends on a number of factors: design features of the product and its operating conditions; properties of the material being processed, as well as economic factors, including mass production and cost. The existing methods of polymer processing can be classified into three groups: preparatory, basic and final. Each of them has its own specific application depending on the needs of the production process.



a b

Fig. 4. PET – bottles with a capacity of 1.5 liters, which were in use: a – a bottle; b – cover

The preliminary preparation of raw materials for the screw extruder is critically important because it directly affects the print quality, process efficiency, and equipment durability [26]. The main factors that must be taken into account are: the size and uniformity of the polymer particles; material moisture; temperature preparation; purity of plastic; quality control; degree of crushing and sorting of crushed particles.

The size and uniformity of the polymer particles are key characteristics that affect the efficiency and quality of the extrusion process in screw extruder. Uniform particle size ensures more uniform melting of the polymer. Irregularly shaped particles can melt unevenly, causing problems with the stability of material flow in the extruder. Particle size affects the speed and pressure at which the material can be extruded. Particles that are too large can cause blockage or uneven material output, while particles that are too small can cause flow control problems. Irregularly shaped particles can result in uneven print quality, including porosity, insufficient strength, and other defects. Irregular particle size can make it difficult to dissipate heat in the material during melting, which can lead to overheating or underheating of some areas. Additional processing of the raw material, such as grinding, sorting or screening, may be required to ensure homogeneity of the polymer particles. This will ensure greater uniformity

and improve the overall quality of the extrusion process. The size and shape of the particles must be compatible with the design of the screw to ensure efficient feeding and melting of the material without the risk of clogging or reduced productivity.

Thus, the correct selection and preparation of polymer particles is an important part of the extrusion process, which affects the quality of the final product and the efficiency of the production process as a whole.

Excessive moisture in the polymer pellets can cause vaporization during the melting process, causing porosity or other defects in the printed product. Raw materials will need to be dried beforehand. Some types of materials may require preheating or exposure to certain temperature conditions before being fed into the extruder. Contamination or the presence of foreign particles in the raw material can distort the quality of the print and damage the extruder. Before using the material, it is necessary to make sure of its purity.

The degree of comminution and grading of comminuted particles are important aspects in many industrial processes, including polymer production, pharmaceuticals, chemical industry and materials processing. The degree of grinding is characterized by the size of the particles. Their size can be estimated after the grinding process. It can vary from coarse particles to fine powder.

Loose materials, depending on the size of the particles, can be divided into five groups [25]: lumpy (more than 10 mm); coarse-grained (2-10 mm); fine-grained (0.5-2 mm); powdered (0.05-0.5); sawdust (<0.5 mm). The optimal particle size depends on the specifics of the process and equipment. For extruders, finer grinding can provide better processing and uniformity of the finished product.

Dispersity is an important characteristic of bulk materials. Dispersion determines their technological properties and can be expressed as a function of distribution of particles (grains) by size.

Sorting of particles consists in separating them by size or other properties in order to ensure greater homogeneity of the melting process in the screw extruder. Removal of unwanted particles can improve product quality and prevent problems during the manufacture of finished products [25].

There are many sorting methods, including: sieving (sieve analysis), which uses sieves of different sizes to separate particles by size; air classification, which separates particles by size and weight using air flow; hydrocycling, which uses eddy currents of liquid to sort particles by size and density; optical, which uses optical technologies to determine and select particles by size, color or other properties; magnetic, which uses the action of magnetic fields to separate magnetic particles from non-magnetic ones.

These methods can be combined or modified to meet the specific needs of a particular production process.

Measuring the particle size of bulk materials is one of the important methods of production control of processes, especially related to the use of powdery and dusty products. In industrial practice, one of the ways to characterize bulk material by composition is the distribution of its particles by size, which is determined by sieve analysis.

The grinding process is used in various fields, including household, chemical industry, mining, light industry and other industries [25].

Crushing is the separation of one or more larger pieces of material into smaller pieces by mechanical or chemical methods. Chemical grinding may involve dissolving the material followed by its precipitation in the form of a powder, as, for example, in the electrolysis of metals to form a powder at the cathode.

Mechanical grinding is the most common method and requires the use of a variety of equipment. The choice of equipment depends on the physical and mechanical characteristics of the material, its initial dimensions, chemical properties, as well as on the needs for dispersion

of the final product. Reliability, productivity and cost efficiency of production are important characteristics of crushing equipment.

Different shredders use certain physical effects such as crushing, abrasion, cutting, splitting, as well as ultrasonic, thermal and cavitation. This variety of methods has led to the creation of a wide range of machines to perform the specified operation. The choice of equipment for grinding depends on the size of the pieces of primary material, its physical, mechanical and chemical characteristics, as well as on the required dispersion of the final product and productivity [1].

According to the degree of crushing, the equipment is classified into crushers and mills. Crushers typically provide coarse, medium, and fine grinding, while mills perform coarse, fine, and ultrafine grinding. When coarse grinding on crushers, the size of the particles after the operation is from 80 to 200 mm, for medium - from 20 to 80 mm, for fine - from 2 to 20 mm. During the destruction of the material in mills, the size of the particles is from 0.2 to 2 mm for coarse grinding, from 0.01 to 0.2 mm for fine grinding, and for ultrafine grinding - less than 0.01 mm [1].

When choosing equipment for grinding polymers, many factors should be taken into account, including the dispersion of the resulting product, the dimensions and mechanical properties of the starting material, its thermal characteristics, chemical reactivity and its change during the grinding process, potential contamination of the material from the wear of working elements, the degree of oxidation from interaction with oxygen, explosion hazard and other indicators. This variety of requirements contributed to the creation of a wide range of grinding machines [1].

Waste polymer materials can be subjected to grinding on specialized crushing and grinding equipment [27, 28]. The method chosen for grinding depends on the size and strength of the material being processed. According to the principle of operation and construction, different types of crushers are distinguished, such as jaw crushers with different types of jaw movement, cone crushers with moving shafts, roller, hammer, runners, disintegrators, as well as ring, ball and vibrating mills.

The main method of fabric waste processing is shredding on shredders of various types, splitting on machines such as Shts-50 and subsequent quilting on quilting machines. As a result, batting material is formed, which is used as noise and heat insulation, but is inferior to synthetic materials in terms of sanitary and operational indicators. Therefore, in recent years, fully synthetic non-woven material sintepon has become more widespread, which has almost supplanted batting for use in light industry for sewing outerwear. Sintepon does not absorb moisture and has a lower thermal conductivity at the same density compared to batting.

A method of processing waste from the cutting of knitted and textile fabrics without prior shredding is proposed. Fiber length is a priority criterion for processing. To obtain the maximum fiber length by mechanical method, it is suggested to use card tapes with a special shape of teeth, which move in one direction at different speeds relative to each other. Thus, thanks to the weakening of the tissue structure, the fibers can be pulled out without tearing them.

Conclusion

The analysis of polymer waste from additive technologies, light and textile industries showed that they can be effectively used as raw materials in screw extruders of three-dimensional printing equipment, casting machines or for the manufacture of finished products. Plastic PET bottles can also be used as consumables for 3D printing. Their processing will contribute to reducing the impact of recycled materials on the environment. The study of the physical and mechanical characteristics of waste and the existing equipment used for their grinding made it possible to determine the optimal methods of their processing and to choose

equipment that would ensure the fraction needed to feed the extruder screw, or a certain length of fibers to create new products.

Bibliography

1. Misyats V.P. Development of the scientific bases of the design of equipment for the grinding of waste thermoplastic and rubber materials of light industry: Diss... Doctor of Science: 05.05.10 - 2008. – 365p.
2. Misyats V.P. Simulation of the process of cutting rubber and thermoplastic materials between two knives in rotary crushers // Bulletin of the Khmelnytskyi National University. – №. 5. - P.145-149.
3. Misyats V.P., Burmistenkov O.P., Gladchuk O.Z. Modeling of processes of destruction of polymer materials during grinding // Visnyk KNUTD. – 2007. - № 3. - P. 40-45.
4. Rubanka M.M., Mysiats V.P. Light industry waste, methods of processing and areas of further use. Bulletin of KNUTD. Series "Technical Sciences". No. 4 (88), 2015. – P. 34-39.
5. Mikulonok I.O., Karvatskyi A.Ya., Leleka S.V., Ivanenko O.I. Roll crushers and mills (Overview of structures). Bulletin of NTUU "KPI named after Ihor Sikorsky". Series: Chemical engineering, ecology and resource conservation. 2022. №1. - P.30-43.
6. Skyba M.Ye. Scientific basis of resource-saving technologies of processing natural leather waste into materials and products of shoe production: thesis... Dr. Tech. Sciences: 05.19.06 / Kyiv National University of Technologies and Design. - K., 2004. – 418p.
7. Skyba M.Ye. Waste processing equipment. – Khmelnytskyi: PP Kovalsky V.V., 2004. – 124 p.
8. Skyba M.S., Mykhaylovskyi Y.B., Zolotenko E.O. Methodology for calculating technological and structural parameters of hammer crushing equipment//Bulletin of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. - Khmelnytskyi. - 2008. - № 2. - P. 41-45.
9. Skyba M.Ye., Mykhaylovskyi Y.B., Zolotenko E.O. Modeling of the destruction process of textile material in hammer shredders // Bulletin of the Khmelnytskyi National University. - 2006. - № 5. - P. 30-34.
10. Skyba M.E., Mykhaylovskyi Y.B., Golovko G.S. Modeling of the grinding process of composite materials using the finite element method // Bulletin of the Technological University of Podillia. – 2003. – № 6. – P. 7 - 11.
11. Mykhaylovskyi Yu.B., Zolotenko E.O. Determination of factors that significantly affect the design effectiveness of hammer milled textile materials. Bulletin of KNUTD. № 5, 2010. – P. 76-80.
12. Zayats V.V., Mykhaylovskyi Yu.B. Determination of optimal parameters of the main characteristics of polymer grinding in rotary disk grinders. Eastern European Journal of Advanced Technologies. № 2/3 (50). 2011. P.50-53.
13. Muyiwa A. Okusanya, Gbenga W. Ibrahim. Design and Development of Plastic Crusher for a More Efficient Waste Management Practice. International Journal of Innovative Research and Development. August 2020. DOI: 10.24940/ijird/2020/v9/i8/AUG20075.
14. Li-Mei Zhao, Lun-Jun Chen. Modeling and simulation on crushing process of impact crusher. Journal of the China Coal Society. August 2013.
15. Guochen Duan, Boqiang Shi, Jie Gu, Guochen Duan, Boqiang Shi, Jie Gu. Research of Single-Particle Compression Ratio and Prediction of Crushed Products and Wear on the 6-DOF Robotic Crusher. Mathematical Problems in Engineering. March 2021. DOI: 10.1155/2021/6634272.

16. Ciężkowski R., Maciejewski J., Bąk S. Experimental studies on the efficiency of the crushing processes. Publisher: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. ISBN: 978-613-9-84936-9.
17. Sokgun Hong, Un Chol Han, Gum Chol Kim. Numerical Simulation of the Collision Breakage Process between the Agglomerate and Hammer in a Hammer Crusher Using DEM. Shock and Vibration. July 2023. DOI: 10.1155/2023/2838179.
18. Dong Gang, Fan Xiumin, Huang Dongming. Analysis and optimization of cone crusher performance. Minerals Engineering. October 2009. DOI: 10.1016/j.mineng.2009.03.020.
19. Yueqing Xing, Sun Deqiang, Sun Deqiang, Meiyun Zhang, Shu Guowei, Shu Guowei. Crushing Responses of Expanded Polypropylene Foam. Polymers. April 2023. DOI: 10.3390/polym15092059.
20. Muyiwa Okusanya, Ibrahim Gbenga Design and Development of Plastic Crusher for a More Efficient Waste Management Practice. International Journal of Innovative Research and Development. August 2020.
21. Polishchuk A., Polishchuk O., Skyba M., Lisevych S., Bonek M., Pervak A. Polymeric materials for manufacture of light industry products and their physical and mechanical properties. The International Student Scientific Conference TalentDetector2022_Summer: Prace Katedry Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych. Gliwice: Politechnika Śląska. 2022. P. 384-393.
22. Polishchuk A.O., Skyba M.E., Lisevich S.P., Tkachuk O.L. Processing of waste polymer materials of light industry into finished products using additive technologies. Collection of materials of the VIII International scientific and practical conference "Theoretical and experimental research in modern technologies of materials science and mechanical engineering" (May 25-28, 2021) in Lutsk. - P.68-69.
23. Polishchuk A., Polishchuk O., Bonek M., Brytan Z., Lisevich S. Development of technology for processing of polymer waste of light industry into finished products using 3D printers The International Student Scientific Conference TalentDetector2023_ Summer: Prace Katedry Materiałów Inżynierskich and Biomedycznych. Gliwice: Politechnika Śląska. 2023. P. 548-557.
24. Polishchuk A.O., Skyba M.E., Polishchuk O.S. Prospects for the development of 3D printing waste shredding equipment. Mechatronic systems: innovations and engineering: theses of the reports of the VII International Science-Practice. conf. / Kyiv: KNUTD, 2023. P.115-116.
25. Polishchuk A.O. Experimental study of crushed polymer waste used as raw material for a screw extruder of a 3D printer. Scientific notes. Lutsk National University. 2023. Issue №76. - P.134-146.
26. Polishchuk A.O., Polishchuk O.S., Skyba M.Ye., Lisevich S.P. Development of technology for processing polymer waste into finished products by 3D printing. Collection of abstracts of reports of the III International Scientific and Technical Conference "Perspectives for the development of mechanical engineering and transport - 2023": Collection of abstracts [Electronic resource]. – Vinnytsia: VNTU. – 2023. – P.457-459.
27. Polishchuk A., Skyba M., Polishchuk O., Lisevich S. Shredding of polymer waste of light industry. Materials (theses). IX International scientific and practical conference "Theoretical and experimental research in modern technologies of materials science and mechanical engineering". - Lutsk: Vezha-Druk - 2023. - P.55-56.
28. Polishchuk A., Misiats O., Pervak A., Grudinin V., Skyba M., Bilewicz M. System of adaptive frequency control of speed of rotation of the asynchronous three-phase electric motor of the drive of the rotary crusher for crushing of polymeric materials. The

International Student Scientific Conference TalentDetector2022_Winter: Prace Katedry Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych. Gliwice: Politechnika Śląska. 2022. P. 567-578.

JUSTIFICATION OF THE PRODUCT MANUFACTURING METHOD WITH COMPOSITE MIXTURES BASED ON THERMOPLASTICS POLYMERS AND WOOD WASTE

Polishchuk O.[1], Polishchuk A.[1], Bonek M.[2], Macko M.[3], Tolstyuk A.[1]
[1]Khmelnytskyi National University, Ukraine
[2]Silesian University of Technology, Poland
[3]Kazimierz Wielki University, Poland

Abstract. The article substantiates the method of manufacturing products from composite mixtures based on thermoplastic polymers and wood waste. The analysis of the technical literature made it possible to classify the methods of manufacturing wood -polymer composite products. Methods of manufacturing products from composite mixtures include: pressing, extrusion, injection molding, thermoforming. Injection molding allows you to obtain products with high accuracy and repeatability, ensuring high quality of the surface and details. The pressing method is an effective way of manufacturing products from composite mixtures. Thermoforming is a plastic manufacturing process that uses heat and pressure to shape the material. The extrusion method is the process of manufacturing products from plastic or composite materials by forcing the molten material through a special mold that has the desired geometric shape of the product. On the basis of the developed classification and the review of the methods of manufacturing products from composite mixtures, the extrusion method, namely the screw method, was chosen for further research. Based on it, a three-dimensional printing device will be developed, which will work according to FDM technology and will use a composite mixture based on thermoplastic polymers and wood waste as consumables.
Keywords: Composite mixture, thermoplastic polymer, wood waste, screw, 3D printing.

1. Introduction

One of the promising areas of development of modern technologies aimed at saving resources is the replacement of natural wood with composite materials. Such materials are known as wood-polymer composite materials (WPCM), which combine the advantages of synthetic and natural materials. The modern market provides wide opportunities for the use of WPCM in construction (building elements, such as decking, balusters, window and door profiles, siding, roofing), in the production of automobiles (automotive parts, for example, interior panels, boxes, shelves for trucks, elements of seats), in everyday life (furniture, garden structures, etc.).

The most promising WPCM are based on thermoplastic bonds, which consist of shredded wood, synthetic or organic thermoplastic polymers (for example, polyethylene, polypropylene, polyvinyl chloride, PLA plastic) and special chemical additives (modifiers) that improve technological and other properties.

These materials make it possible to obtain semi-finished and finished products of any shape from a mixture of wood and plastic using various methods.

3D printing composites with thermoplastics reinforced with wood filler is a new direction in the industry that can increase the use of wood waste in various industries. Recent developments have shown that bioresources such as beechwood, rice husk, aspen, poplar, and plant polymers such as cellulose and lignin can be added to biodegradable thermoplastics such as polylactic acid (PLA) to produce renewable materials by filament deposition (FFF technology), also known as layer-by-layer deposition (FDM). It is one of the most popular additive manufacturing technologies available today from the consumer level to the industrial level. The introduction of wood fillers will make the production of filaments for FDM printing cheaper, which will make 3D printing technologies even more affordable. Therefore, choosing a method of manufacturing products from composite mixtures based on thermoplastic polymers and wood waste and developing equipment for their processing is an urgent task.

2. Research results

With a significant accumulation of wood and polymer waste, the problem of their disposal arises. One of the ways to solve this problem is to use them as raw materials for the production of wood -polymer composite products. Composites based on thermoplastic polymers and wood waste can optimally combine strength and other positive properties of wood with chemical resistance, dimensional stability and good technological characteristics of polymers.

The analysis of the technical literature made it possible to classify the methods of manufacturing wood -polymer composite products [1, 2]. The resulting classification is presented in Fig. 1.

The method of injection molding is one of the widely used methods of manufacturing products from composite mixtures. This process involves melting the composite material, which then flows out through a narrow channel installed in the material cylinder under high pressure.

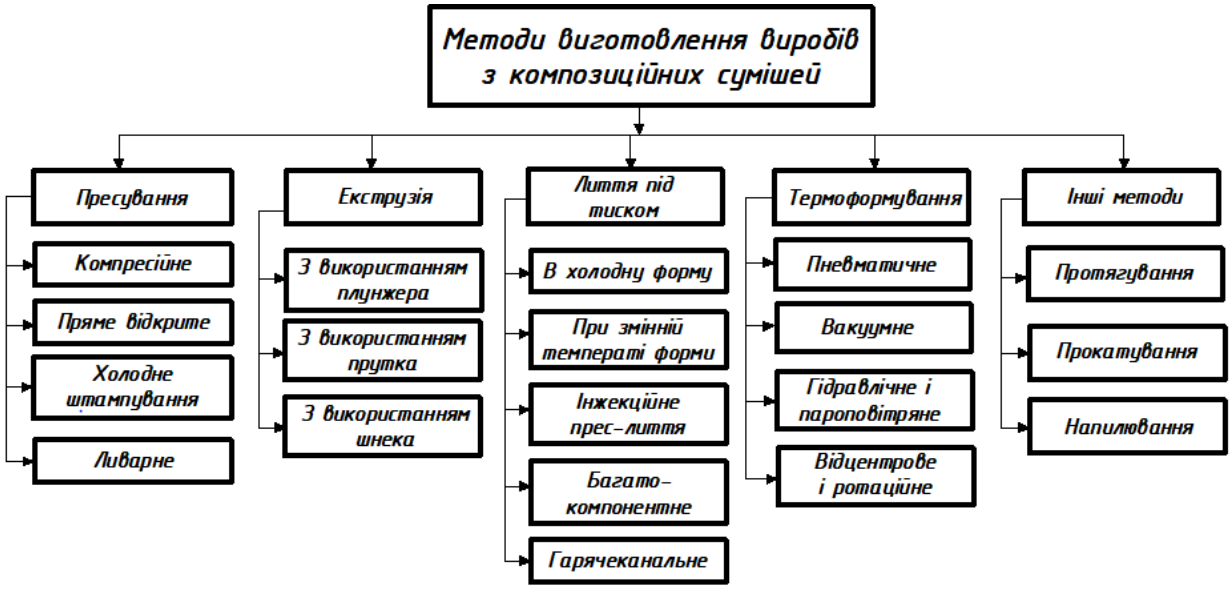


Fig. 1. Methods of manufacturing products from composite mixtures

Injection molding allows you to obtain products with high accuracy and repeatability, ensuring high quality of the surface and details. After pouring the molten material into the mold and cooling, the product can be pulled out of the mold. This process is often used in the production of complex engineering parts that require high strength.

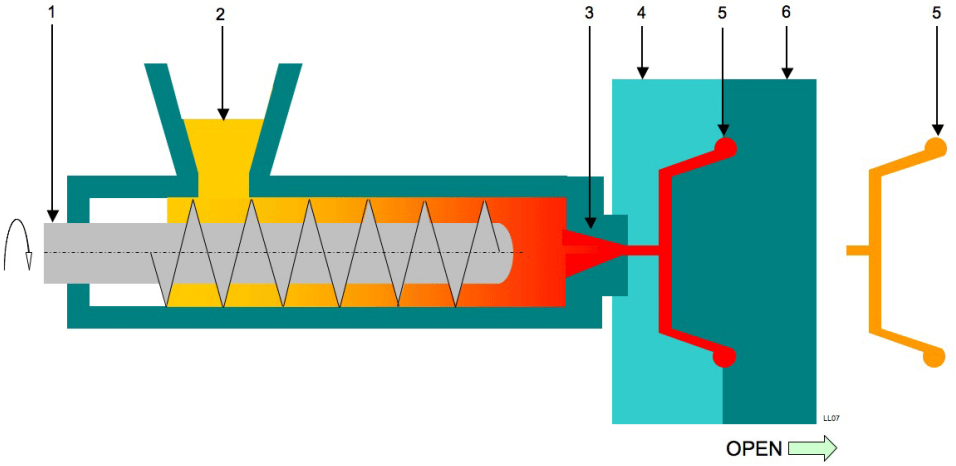


Fig. 2. Technological diagram of the process of casting thermoplastic materials: 1 - auger 2 - granulate dosing device 3 - nozzle 4 and 6: - halves of the mold 5 - (red) mold cavity with pouring channels 5 - (yellow) ready casting

The pressing method is an effective way of manufacturing products from composite mixtures. This process is that a mixture consisting of wood particles or fibers and a polymer matrix is distributed uniformly in a flat form or matrix. The mixture is then subjected to high pressure and temperature, which helps to compact and weld it together. After the appropriate pressing time, the material remains in the mold to cool and harden. The final product has a structure that reflects the configuration of the pressing die.

Pressing allows you to obtain products with high strength, resistance to environmental influences and a well-reproducible surface. This method is often used in the production of various products such as furniture, flooring, panels and other structural elements that require high quality and precision.

The scheme of compression pressing of a plastic product is shown in Fig. 3 [2].

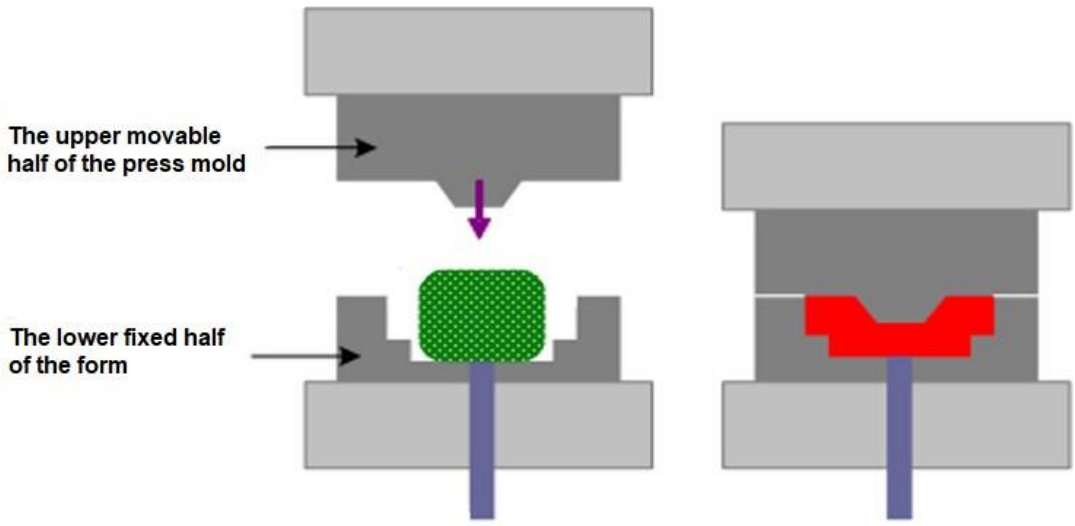


Fig. 3. Scheme of compression pressing of a plastic product

The heated plastic material is placed on a heated work table and then pressed into a certain shape. Usually, the plastic blank is supplied in sheets. As soon as the plastic is

compressed to the desired shape, heating is turned on, which guarantees the preservation of maximum strength. The final stage of this molding method involves cooling, trimming, and removing the plastic part from the mold.

Thermoforming is a plastic manufacturing process that uses heat and pressure to shape the material. First, a sheet of plastic is heated to a temperature at which it becomes soft and flexible. This heated sheet is then placed in a mold that has the desired shape of the product. Vacuum or air pressure is usually applied to the mold so that the sheet of plastic is attracted to the surface of the mold and takes its shape. When the material hardens and conforms to the shape, it is removed from the mold and cooled. As a result, a product with the desired shape and relief is obtained. The thermoforming method is widely used to manufacture a variety of products, such as packaging, containers, plastic cups, films, and other products that require precise shape and high manufacturing speed. This method is an effective, fast and relatively inexpensive way of manufacturing plastic products.

Scheme of vacuum forming (thermoforming) shown in Fig. 4.

The vacuum forming process (Fig. 4) consists of heating a plastic sheet to forming temperature and then stretching it over a single-surface mold. A vacuum is applied to force the sheet against the mold, and the sheet is then ejected from the mold.

Once a vacuum forming has been created out of a sheet of plastic, a finishing operation will be needed in most cases to turn it into a usable product. Common vacuum forming finishing methods include pressing a blade through the product into a die underneath, roller cutting or press cutting, cutting with a CNC machine, or drilling.

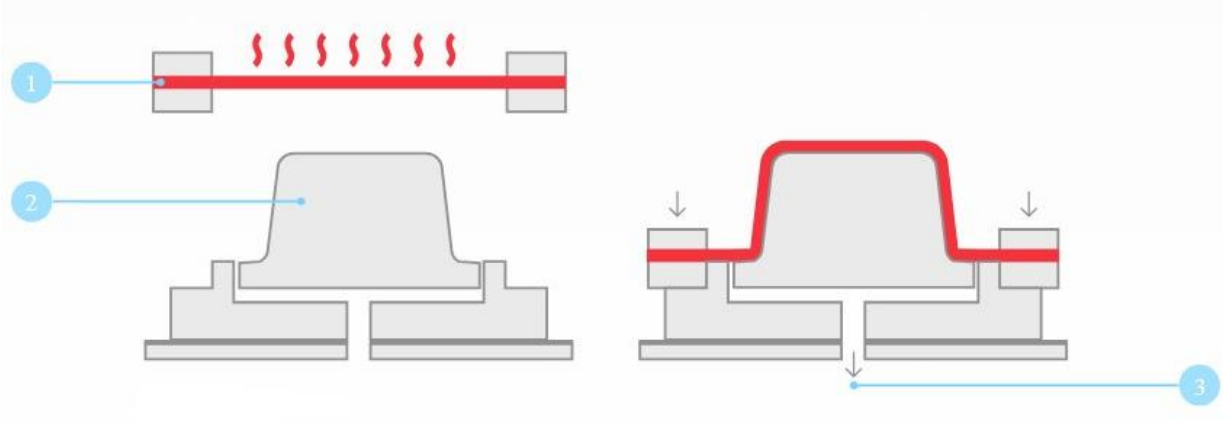
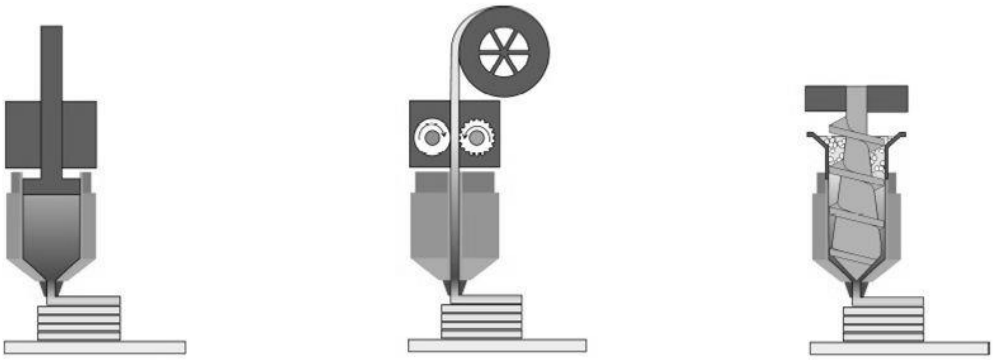


Fig. 4. Scheme of vacuum forming (thermoforming): 1 – heated plastic sheet; 2 – positive mould; 3 - vacuum drawn

The extrusion method is the process of manufacturing products from plastic or composite materials by forcing the molten material through a special mold that has the desired geometric shape of the product. First, the raw material, which can be granular or powdered, is heated to a certain temperature to turn into a liquid melt. This molten material is then subjected to high pressure and forced through an extruder - a device with a special flexible mold that conforms to the shape of the product. As the material exits the extruder, it cools and solidifies, retaining the shape it assumed during extrusion. Extrusion is typically used to produce products with a constant cross-section, such as pipes, profiles, films, sheets, wires, and other parts with a uniform geometry. This method is fast, efficient and cost-effective for the production of large volumes of products.

Extrusion-based additive manufacturing processes are classified according to the extrusion method used: plunger or piston-based; on the basis of a rod (filament) and on the basis

of a screw (Fig. 5) [6-8].



and b in

Fig. 5. Extrusion methods based on: a - plunger; b – filament; in – screw [7]

With the plunger method (Piston Extrusion) material (in most cases a paste-like substance) is placed in a compartment from which it is pushed out through a nozzle of a certain diameter under the pressure of a piston (Fig. 5, a). This method allows control of the amount of material that is displaced and is effective for materials that have a high viscosity.

One of the most common methods in 3D printing is the FFF method (Fused Filament Fabrication) using filament (Fig. 5, b). This method is suitable for a significant number of types of plastic, including PLA, ABS, TPU and others [9].

With the screw method (Screw Extrusion) a worm is used to feed material through a nozzle (Fig. 5, c). Screws are often used in industrial 3D printers to process large amounts of material, including highly viscous and composite materials. The rotating worm (Fig. 1.3, c) is used to ensure continuous supply of material into the extruder chamber and to create sufficiently high pressure in it. This, in turn, increases the speed and resolution of three-dimensional printing compared to the manufacture of products by the FDM surfacing method (Fig. 1.3, b) and piston-based 3D printing processes (Fig. 1.3, a). Extrusion with a rotating screw provides better control over the flow of polymer and allows more accurate dosage of its amount, compared to extrusion using a filament. In addition, the rotary motion of the screw expands the mixing capabilities of the system, thereby improving the homogeneity of the extruded material. Consequently, it makes it possible to process a wider range of polymer raw materials, as well as to use secondary raw materials during extrusion.

On the basis of the classification (Fig. 1.1) and the review of the methods of manufacturing products from composite mixtures, the extrusion method, namely the screw method, was chosen. Based on it, a three-dimensional printing device will be developed, which will work according to FDM technology and will use a composite mixture based on thermoplastic polymers and wood waste as consumables.

CONCLUSION

The review of the methods of manufacturing products from composite mixtures based on thermoplastic polymers and wood waste revealed the optimal approach, namely, the extrusion screw method. This manufacturing method is the most effective and promising, as it allows you to produce high-quality products from more environmentally friendly materials. Extrusion ensures high speed and accuracy of product formation, and also allows the use of various shapes and configurations. In addition, the use of the screw extrusion method allows for efficient use of wood waste, which makes it economically profitable and environmentally responsible. Thus, the extrusion screw manufacturing method is an ideal option for the

production of products from composite mixtures based on thermoplastic polymers and wood waste.

REFERENCES

1. Lutyy P.V. (2009). Basic methods of manufacturing composite materials based on wood waste and thermoplastic polymers. Scientific bulletin of NLTU of Ukraine. Issue №19.2. - pp.109-114.
2. Iskovich-Lototskyi R.D., Movchaniuk M.O. (2008). Modern technologies and equipment for forming parts from wood -polymer composite materials. Vibrations in engineering and technology. №1 (50). - pp.37-40.
3. Molding of plastics under pressure [Electronic resource] - Access mode: http://surl.li/rwwig.
4. Types and methods of forming plastic products [Electronic resource] - Access mode: https://ten24.com.ua/ua/blog/vidy-i-sposoby-formovaniya-plastikovykh-izdeliy/.
5. Vacuum Forming (Thermoforming) [Electronic resource] - Access mode: https://www.bfginternational.com/what-we-do/vacuum-forming.
6. Krishnanand , Soni , S., Nayak , A. & Taufik, M. (2022). Development of graphics user interface (GUI) for process planning in extrusion based additive manufacturing. Materials Today Proceedings , 49, 2, pp. 403-411 . DOI: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.306.
7. Gonzalez-Gutierrez, J., Cano, S., Schuschnigg S., Kukla C., Sapkota J. & Holzer C. (2018). Additive Manufacturing of Metallic and Ceramic Components by the Material Extrusion of Highly-Filled Polymers: A Review and Future Perspectives. Materials, 11 (5), 840. DOI: https://doi.org/10.3390/ma11050840.
8. Suwanpreecha, C. & Manonukul, A. (2022). A Review on Material Extrusion Additive Manufacturing of Metal and How It Compares with Metal Injection Molding. Metals, 12(3), 429. DOI: https://doi.org/10.3390/met12030429.
9. Polishchuk O.S., Zozulya P.F., Polishchuk A.O. (2017). Generalized classification of filaments for 3D printing. Herald Khmelnytskyi national university. №. 6. P. 51-59.

INNOVATIONS EQUIPMENT FOR DETERMINING CAPILLARITY OF FIBROUS MATERIALS FOR CLOTHES

Pryvala V.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. Modern textile materials entering the world market do not always correspond to those physical, mechanical and hygienic characteristics, which are indicated in the corresponding accompanying documentation. This creates considerable difficulties in the manufacture of sewing products of various purposes and, most importantly, affects their final quality and service life. In this regard, there is a need for a comprehensive check of modern textile materials to meet the necessary level of their operational properties. For example, one of the most important indicators of hygiene of textile materials is their ability to interact with liquids, such as water or its chemical compounds. Analysis of literary sources showed that the least technically secured is the technique of studying the capillarity of materials, that is, their ability to raise the liquid with fibers at a certain height. This is due to the fact that the specified physical and chemical process is difficult to study, because it is associated with many indicators of materials: the type of their interweaving, thickness, raw material content, the size of fibers, the type of decoration, etc.

This article provides a comprehensive analysis of existing techniques and techniques for the study of capillarity over the past 30 years. In particular, existing and projected special devices are considered, the basis of which is the principle of interaction of the experimental material and the column of liquid. In addition, contemporary developments of the Ukrainian scientists in this area are proposed for consideration, the achievements of which have been confirmed by their patentability and official acts of tests.

Keywords: properties of materials, capillary, research.

Such important technological operations of decoration, as painting, impregnating with aprets and others are based on the capillary processes, that is, on the processes of moisture transfer into the capillary-porous bodies. Capillarity determines the hygiene of materials and products, made of them. Unfortunately, in the technical literature devoted to the issues of hygiene of textile materials and products, the study of capillarity is not given sufficient attention. In our opinion, this situation is due to the complexity of the process of capillarity and the lack of unanimity in relation to its essence, since the indicated index of textile materials depends on a whole set of properties of the latter (type of interweaving, thickness of the threads of the base and under the fabric, raw material content, surface decoration with dyes or aprets, etc.). The importance of the study of capillary processes is due to the fact that other indicators of physical properties of materials do not always allow to determine to the full the level of hygiene of any other textile materials. In addition, inside the space under clothing, as well as in the materials of clothing, capillary processes occur continuously, which significantly affect the hygiene, and, thus, the level of garment's comfort. The study of capillary properties of textile materials allows you to create materials with the necessary properties that meet the requirements of hygiene and technology, and this ultimately plays an important role in managing the quality of manufactured products.

Taking into account the importance of the indicated hygiene index, it is quite natural to have a modern methodology and equipment for its determination. At the same time it should be noted that in the world technical literature, it is extremely rare to find out the materials of this direction. Mainly, there are results of studies of capillarity of bulk materials but not of non-fibrous ones. That is, it is a completely different subject of research, which is related to the work with different types of soils or powder substances. In this article we will discuss the capillary nature of fibrous textile materials which are used for the manufacture of clothing, footwear and some technical items [1-5].

Capillarity is an indicator of textile materials, which determines their height of lifting a standardized liquid for a certain time under the influence of capillary forces when one end of an elementary sample of the material is in a hinged position and immersed at a certain depth in this fluid (Fig. 1).

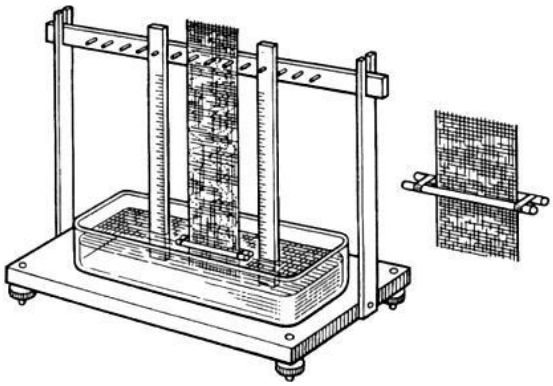


Fig. 1. Standard installation for capillarity determination of textile materials according to GOST 3816-81 (ISO 811-81)

The technique for the determination of capillary textiles, which is regulated in the countries of the former Soviet Union by GOST 3816-81 [6] is based on the principle of the interaction of a sample of fibrous material with water.

The disadvantages of the current standard methodology include the fact that studies are carried out only on bleached (pure white) fabrics and with respect to the chemically colored (eosin) water only, and the process of capillary rise of the liquid is visually controlled. Therefore, the technique and the device, recommended by GOST 3816-81, do not allow to automate the process of studying the capillarity of textile materials. In addition, this standard does not regulate the conditions for testing woven, nonwoven, woven, fabric-knitted, knitted materials in relation to fluids that may vary in chemical nature (alcohols, ether, acids, etc.). Thus, there was a need for the creation of more modern equipment for determining capillarity of textiles. Over the past 20-30 years, devices have been developed to determine the capillarity of textile materials - capillaries, the most famous of which are the capillary meter by Volkova, Kamenskyi, Orkin, Porkhaev, Deryagin, Kavkazov and others [7, 8].

The weight capillary meter, developed by the staff of the Central Research Institute of Light Industry (CRILI), became one of the first attempts by scientists to expand the concept of the capillarity of fibrous materials by determining the amount of water raised in the sample of the material during the test. The indicated device, which is made in the form of a glass cylinder with a scale and mounted on the scales, allows you to determine not only the height of lifting h of the liquid per time t, but also the mass M of absorbable liquid. As the fluid is absorbed by the sample, its mass in the cylinder decreases, which is recorded by the scales and is determined at certain intervals and the amount of the absorbed liquid is determined by calculation. The height h is determined by the vertical scale. The disadvantages of this device are related to the visual definition of the investigated indicators and the lack of an automated way of recording them. In addition, the gravimetric method for determining the mass of collected water does not guarantee the avoidance of fluid losses during the preparation of samples, which contributes to the occurrence of significant errors in the results. The next step to improve the equipment for the study of capillary textiles became a device developed at the Department of Technology and Design of Sewing Products of Khmelnytskyi National University (Ukraine) [9].

This capillary meter contains electrically conductive contacts, a liquid vessel, a registration device, a device for fixing a sample of a textile material, which is made in the form of two split electrodes, one of which is made in the form of an electrically conductive plate, and the other - in the form of point electro contacts throughout its length with a step of 5 mm apart

from each other (Fig. 2). In addition, the process of capillary lift through the control unit, which includes the recorder, is constantly monitored and displayed in the form of a curve of the line on the millimeter paper, or the graph accordingly, which also leads to an increase in the accuracy of measurements. The method of work on a significant capillary meter is that, between the rails 6 and 7 with a set of electrodes, a sample 8 of a textile material (on base or weft) in the size of 300×50 mm is placed horizontally in such a way that its lower edge protrudes at 0.5-0, 8 mm from the bottom edge of the electrodes. Then, the material sample is lowered to the contact of its lower section with the surface of the liquid contained in the vessel 12.

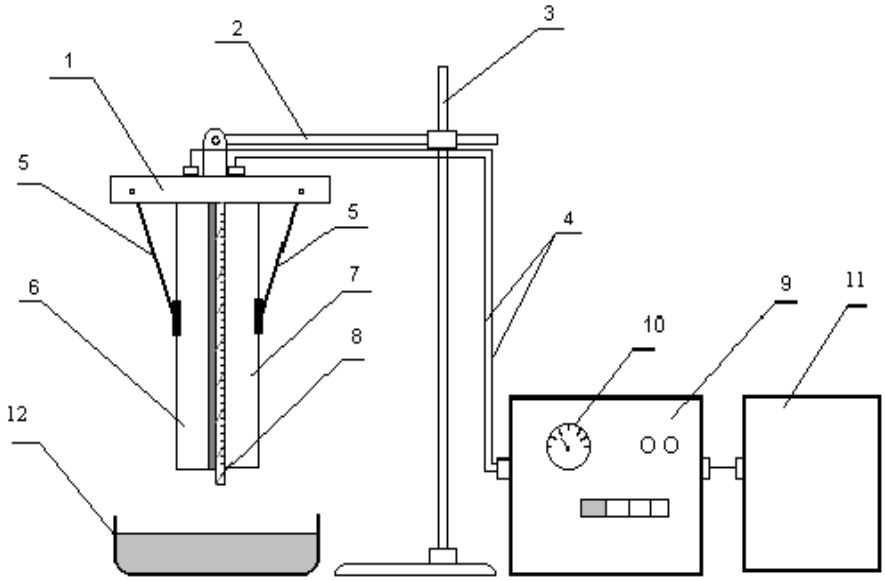


Fig. 2. A device developed by the staff of Khmelnytskyi National University (KhNU) to determine the capillary properties of fiber materials:
1-guide rail; 2 - mobile strap; 3- tripod; 4- electric conduction; 5- latch; 6-7 electrodes; 8-sample of textile material; 9- control unit; 10 - timer; 11- recorder; 12- vessel with liquid.

Then, the control unit 9, which is electrically connected to the electrodes and the recording device, is turned on and forces them to operate. From this moment, the liquid begins to climb on the sample 8 upwards and when it reaches the level of the first electrocontact of the electrode 7, an electric current arises between it and the electrode 6. The received signal enters the control unit 9, which issues the command to turn on the timer 10, while the recorder 11 graphically captures the passage of the capillarity process. Upon reaching a certain height of raising the fluid at a given time, the control unit 9 stops the work of the recorder, and the timer 10 fixes the time of the passage of the capillary process.

The advantage of this device is that it allows simultaneously holding the experimental test in an upright position and controlling continuously the lifting of the conductive fluid throughout the duration of the research, which increases the accuracy of the results and allows you to reflect the objective picture of capillarity in the test materials. In addition, the device allows you to work not only with individual samples, but also with whole packages of a wide range of textile and other fiber materials, for example, with filter paper, vlieseline, etc. The disadvantage of the considered capillary meter is that it only works with conductive liquids; otherwise, for example, when using distilled water, the electrical part of this equipment will not work. In addition, a considerable distance (5 mm) between point electrodes makes it impossible to carry out continuous control over the process of capillary rise of the liquid and limits the amount of experimental data, which causes an increase in the magnitude of the error of their values. Consequently, the existence of this development did not allow to automate the process

of capillary identification of textile materials, since existing equipment has certain disadvantages, which significantly affects the measurement accuracy and limits its use.

In our opinion, the way out of such a situation is to create a fundamentally new equipment, which will not be influenced by such subjective conditions for conducting research as the raw material content of the ingredients of the researched materials and the chemical composition of the fluids used for research, the geometric parameters of the samples, the presence of their color and other decoration, etc. In addition, such equipment should work in a semi-automatic or automatic mode to continuously monitor the experimental parameters, which will provide an objective picture of capillary processes in fibrous systems. The action of the new VKV-TM device (Fig. 3), developed by Khmelnytskyi National University (KhNU), is based on the ability of infrared (IR) radiation to change its optical properties when it passes through dry and wet textiles, thus avoiding the disadvantages inherent in the existing equipment [10].

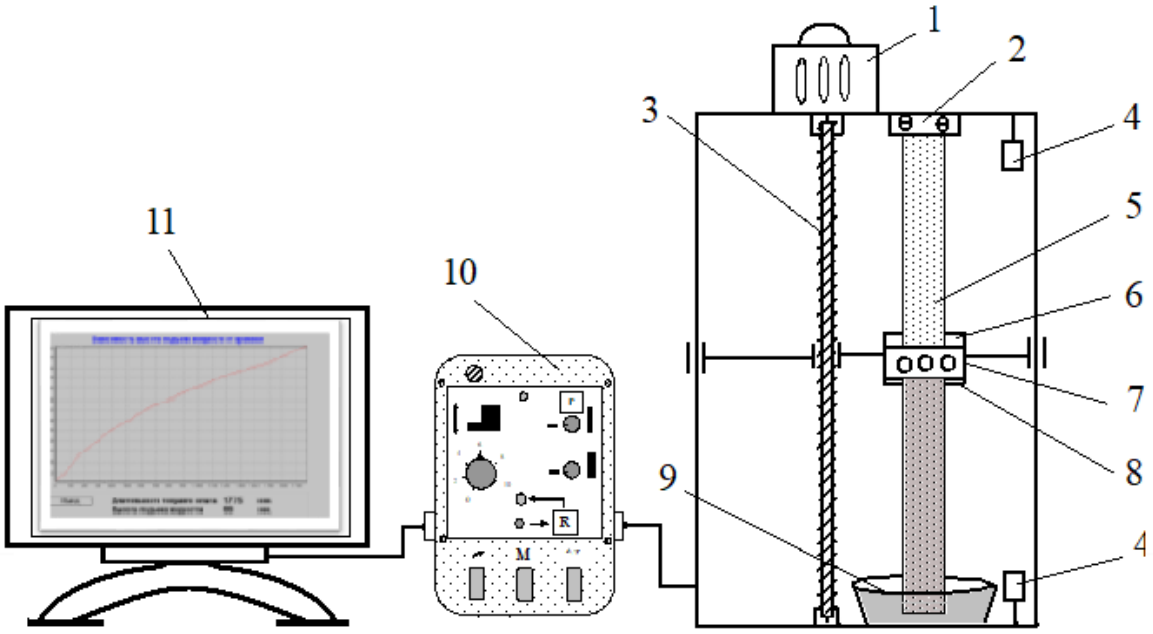


Fig. 3. Scheme of the capillary meter VKV-TM for the determination of the capillarity of the fibrous materials:
1 - electric motor; 2- clamping latch; 3- lead screw; 4- electromagnetic locking system; 5- sample of textile material; 6-mobile carriage; 7- LEDs of infrared radiation; 8- photodiodes; 9- vessel with liquid; 10- control unit; 11 – computer

The method of work on the capillary meter of VKV-TM relies on the fact that the sample of textile material is placed vertically in the device. At the same time, the upper side of the sample is fixed in the clip-clamp 2 of the device, and its lower end is lowered into a vessel with a liquid of 8, in relation to which the research is conducted. In the case when the liquid, rising on the sample, reaches the line through which the radiation flux crosses this sample, the level of infrared radiation coming into the photo-diodes will increase. In this case, the control mechanism operates and the carriage starts to move upwards, bringing the source and receiver of the IR radiation beyond the moisture of the sample. The movement of the carriage is performed by the electric drive 1 and the propeller 3, and the value of the displacement of the carriage relative to the liquid is deducted by an internal meter with an accuracy of ± 0.5 mm. Control of the carriage movement mechanism is carried out by the electromagnetic locking system 4, which in the upper or lower extreme positions stops the operation of the device.

From the very beginning of the experiment, due to the connection of the capillary meter to a personal computer and software developed, they receive in graphic form (Fig. 4) information on the course of the capillary rise of the liquid with a real-time countdown, which allows reproducing an objective picture of the dynamics of processes that occur.

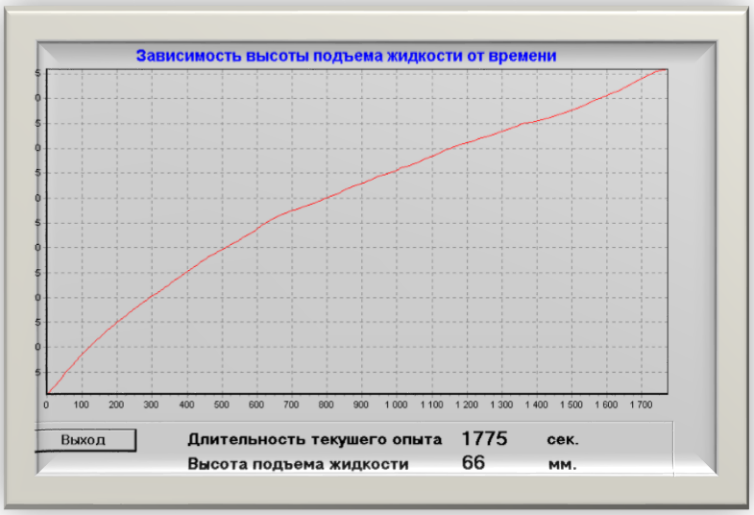


Fig. 4. The on-screen form of the program for the determination of capillarity of textiles on the device VKV -TM: an automatic graphical representation of the kinetics of the capillary process in real time.

The advantage of the device is that it allows you to explore fabrics (or packages of them) up to 7 mm thick, regardless of their raw material content, structure, type of binding, color and type of placement, as well as to attract various fluids of organic and inorganic origin. In addition, the use of the device VKV-TM in conjunction with the computer allows you to process the received data in real time with the reflection of the dynamics of the process of flow of capillary rise of the liquid. So, it became possible to obtain data at any stage of the test, which is especially important in conducting research work with practically no human involvement. However, as it turned out later, the only disadvantage of the VKV-TM device was its sensitivity to the change in the thickness of the test material, which required the setting of the device before each subsequent study. The employees of Khmelnytskyi National University eliminated the aforementioned technical inconvenience due to the use of a modern sensitive optical camera, which had been added to the design of this device. The effectiveness of this implementation is confirmed by the patent for the invention of Ukraine [11].

Conclusion

Consequently, by performing the analysis of the material written above, it can be noted that today there are already interesting innovative technical developments of equipment for the qualitative determination of the capillary content of fibrous textile materials that annually enter the world market. The above described equipment allows increasing the accuracy of measurement by automating the test process, which makes it impossible to influence the results of the so-called "human factor".

The use of a computer together with the developed VKV-TM device allows you to obtain information not only about the size of the final height of the lifting fluid, but also to obtain data at any stage of the test, which is especially important while conducting research. When working with aggressive or volatile liquids it is possible to seal the device, which will expand the limits of its use.

Bibliography

1. Garanina O.A. Reactive Modification of Fibrous Materials: monograph / O. A. Garanina, N. A. Bardash, O. V. Romankevich - K .: KNUTD, 2013. - 317 p.
2. Ostapchuk O. V. Investigation of Physic-mechanical Properties of Clothing Fabrics / Ostapchuk O.V., Saribekov I.S., Tkachuk O. // Bulletin of KhNTU. - 2014 - № 3. - P. 77-80.
3. Romankevich O.V. Wetting the Surface of the Fibers with a Liquid / O.V. Romankevich, O.A. Garanina, N.A. Bardash // Bulletin of KhNU. - 2013. - №1. - P. 238-238.
4. Starov V. M., Velarde M., Radke C. Wetting and Spreading Dynamics. – Taylor & Francis Group. – N.Y.: Taylor & Francis Group, 2007. – 506 p.
5. 5.de Gennes P. – G., Brochard-Wyart F., Quere D. Capillarity and Wetting Phenomena: Drops, Bubbles, Pearls, Waves. – New York: Springer-Verlag New York, Inc., 2004. – 287 p.
6. GOST 3816-81 (ISO 811-81). Fabric Textiles. Methods of Determination of Hygroscopic and Water-repellent Properties (with changes N 1-4).
7. Buzov B.A., Modestova T.A., Alymenkova N.D. Material Science of Sewing Industry: 4th ed., rewritten and added / B.A., Buzov - Moscow: Legpromizdat, 1986, - 424 pp.
8. Braslavskyi V.A. Capillary Processes in Textile Materials / V.A. Braslavskyi - Moscow: Legprombytizdat, 1987. – 112 p.
9. Patent 45611 A of Ukraine, G 01N 33/36. Instrument for the Determination of Capillarity of Textiles / Pryvala V.O., Mychko A.A., Sarana O.M. - No. 2001042623; stated on April 18, 2001; published on April 15, 2002, bullet. No. 4
10. Patent 67011A of Ukraine, G 01N 33/36. Method of Determining the Capillarity of Fibrous Materials. - No. 20031043791; stated on 24.04.2003; publ. on June 15, 2004, Bul. No. 6. / Pryvala V.O, Mychko A.A, Sarana O. M., Zasornov O.S., Zlotnikov V.O.
11. Patent No. 116103 of Ukraine G01N33 / 36 (2006.01). Device for Determining the Capillarity of Fibrous Materials about the Invention of a Utility Model, published on May 10, 2017. / Zasornov O.S., Pryvala V.O., Zasornova I.O.

НОВІТНІ НАПРЯМИ ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Романішина О., Нестер А.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. Природні та техногенні надзвичайні ситуації продовжують представляти серйозну загрозу для населення. Фахівці сфери цивільного захисту забезпечуються відповідними знаннями і навичками, враховуючи, що проблеми і можливості навчання з питань цивільної безпеки змінюються, а їх вирішення передбачає наявність ефективних механізмів реагування на мінливі ситуації. Через складнощі, пов'язані із запобіганням та ліквідацією надзвичайних ситуацій, а також із-за особливостей проведення відновлювальних робіт після їх усунення, фахівці сфери цивільного захисту потребують постійного оновлення своїх знань і навичок. У сучасному світі зросли вимоги до зазначеної категорії фахівців, тим самим інтенсифікувався процес навчання з питань цивільної безпеки, що, відповідно, має призводити до надання якісних послуг. В роботі висвітлені шляхи і можливості якими в Республіці Польща та Федеративній Республіці Німеччина задовольняються потреби у навчанні фахівців сфери цивільного захисту для розв'язання завдань що до ефективної стійкості до природних та техногенних небезпек. Здійснено аналіз нормативно-правових документів цих країн, які визначають порядок реагування на вимоги освітянської галузі, забезпечуючи навчання фахівців з питань цивільної безпеки, а також сприяють впровадженню, поширенню та використанню новітніх технологій навчання, з урахуванням сучасних безпекових вимог. Автор визначив методи навчання фахівців з питань цивільної безпеки, які гарантують ефективність реагування на надзвичайні ситуації із залученням відповідних сил та засобів. Зважаючи на досвід згаданих європейських країн наголошено на вдосконаленні системи підвищення кваліфікації та очікуваннях в результаті навчання фахівців з питань цивільної безпеки в Україні.
Ключові слова: надзвичайна ситуація; підвищення кваліфікації; безпека; навчання для безпеки; цивільна безпека; цивільний захист.

Цивільний захист (далі – ЦЗ) як комплексна система, зародився під час Першої світової війни з появою авіації, розвитком зброї, яка давала змогу вражати промислові підприємства, завдавати ударів по адміністративних центрах та інших місцях мешкання населення. Розвиток системи цивільного захисту був пов'язаний із необхідністю захистити населення та економіку.

У зарубіжних країнах ЦЗ складає систему стратегічного забезпечення життєдіяльності держав, яка призначена для виконання завдань, спрямованих на захист населення та економіки країн під час виникнення надзвичайних ситуацій, а також проведення рятувальних та інших аварійно-відновлювальних робіт в осередках ураження. Стихійні лиха, аварії та катастрофи на підприємствах, особливо з ядерними та хімічними компонентами, які мали місце у різних регіонах світу, змусили змінити погляди на цивільний захист як систему, призначену для забезпечення виживання населення та економіки країн під час військових дій. Із досвіду інших країн головним у ЦЗ являється створення та підготовка сил і засобів, необхідних для забезпечення безперервного державного управління, спрямованого на захист населення та життєво важливих секторів економіки в різноманітних умовах надзвичайних ситуацій. На сьогодні у більшості країн світу створені та функціонують національні системи цивільного захисту, які чітко формують відповідну структуру органів, сил і засобів ЦЗ. Майже в усіх країнах прийнято територіально-виробничий принцип розбудови системи ЦЗ, у складі якої є: - органи управління; - системи зв'язку, оповіщення, радіаційної розвідки та дозиметричного контролю; - розроблені плани евакуації та розосередження населення; - система захисних споруд; - запаси продовольчих товарів, сировини та матеріальних цінностей; - сили та засоби ЦЗ, як штатні, так і добровільні. Організаційна

структура національних систем ЦЗ у більшості зарубіжних країн має багато спільного та розвивається у напрямку подальшої уніфікації.

Аналіз чисельності та масштабності наслідків надзвичайних ситуацій в Україні, що виникли протягом останніх років, демонструють наявну проблему по впровадженню в державі європейських підходів запобігання та реагування при виникненні надзвичайних ситуацій. Недоліками, що виникають є оперативність реагування на надзвичайні ситуації, прийняття своєчасних і адекватних ситуації рішень, проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт. Це свідчать про недостатній рівень підготовки керівників органів управління у сфері цивільного захисту. Тому, актуальним питанням є запровадження нових підходів до організації навчання фахівців сфери цивільного захисту.

Інститут державного управління у сфері цивільного захисту (далі − ІДУЦЗ) є єдиним в Україні галузевим навчальним закладом післядипломної освіти у сфері цивільного захисту, що здійснює функції з організації та навчально-методичного забезпечення навчання (підвищення кваліфікації за цільовим призначенням) керівних кадрів і фахівців центральних та місцевих органів виконавчої влади, інших органів державної влади, на яких поширюється дія законів у сфері цивільного захисту. В ІДУЦЗ проводяться наукові дослідження, на підґрунті яких системно вживаються заходи щодо запровадження нових підходів до організації навчання, його змісту, форм і методів.

Серед пріоритетних заходів запобігання надзвичайним ситуаціям є навчання всіх без винятку громадян України діям щодо запобігання та реагування на виникнення надзвичайних ситуацій. Створення системи формування у громадян компетентностей з питань цивільної безпеки як «динамічної комбінації знань, вмінь і практичних навичок, способів мислення» у сфері визначення небезпек та адекватного реагування на них, створення безпечного середовища проживання має запобігти можливій катастрофі від нових глобальних загроз.

Відповідно до ДСТУ 5058:2008 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях. Основні положення», інших нормативно-правових актів та залежно від участі працівників у виконанні завдань цивільного захисту вони розподіляються за такими групами навчання:

– група А – особи керівного складу цивільного захисту та інші управлінські кадри і фахівці, на яких поширюється дія законів України у сфері цивільного захисту;

– група Б – працівники підприємств, установ і організацій;

– група В – студенти, учні та вихованці дошкільних навчальних закладів;

– група Г – особи, не зайняті у сфері виробництва й обслуговування.

Навчання групи А здійснюється в Інституті державного управління у сфері цивільного захисту за програмами функціонального навчання визначених категорій слухачів відповідно до Порядку проведення навчання керівного складу та фахівців, діяльність яких пов’язана з організацією і здійсненням заходів з питань цивільного захисту, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 жовтня 2013 року № 819.

Наказ МНС України від від 20 вересня 2021 року № 685 «Порядок організації службової підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту» встановлює порядок проведення службової підготовки. Службова підготовка – система заходів, спрямованих на набуття, оновлення, закріплення професійних теоретичних і практичних знань, умінь та навичок особовим складом з метою успішного та ефективного виконання завдань за призначенням з урахуванням специфіки і профілю службової діяльності та є обов’язковою для особового складу органів та підрозділів цивільного захисту. Основними завданнями службової підготовки є:

❖ підвищення рівня знань, умінь, навичок та професійних якостей особового складу з метою забезпечення його здатності до виконання завдань;

❖ підвищення рівня компетентності особового складу органів та підрозділів цивільного захисту під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;

❖ вивчення нормативно-правових актів та інших документів, необхідних для виконання завдань за призначенням та які регламентують діяльність органів та підрозділів цивільного захисту [2].

В Інституті державного управління у сфері цивільного захисту та навчально-методичних центрах безпеки життєдіяльності та цивільного захисту областей та м. Києва повинні проходити навчання і частина працівників підприємств, які відносяться до групи Б, а саме: працівники об'єктів підвищеної небезпеки; працівники підприємств, установ, організацій, які увійшли до складу позаштатних служб і формувань, утворених у межах функціональної підсистеми Центрального органу виконавчої влади (далі – ЦООВ), та працівники суб'єктів господарювання, що входять до сфери їх управління.

Керівникам ЦООВ для забезпечення своєчасного проходження функціонального навчання зазначеними працівниками рекомендується розробити базу даних (перспективний план) категорій слухачів відповідних категорій з функціонального навчання (далі – база даних). Приклад форми банку даних наведено у методичному посібнику «Кадровий потенціал суб'єктів забезпечення цивільного захисту: регіональний аспект». База даних складається на максимальний термін періодичності проходження навчання відповідними категоріями працівників та уточняється щорічно. При цьому треба враховувати те, що проходження функціонального навчання є обов'язковим у перший рік призначення на посаду та надалі один раз на 5 років для керівників й управлінців, один раз на 3 роки – для фахівців, діяльність яких пов'язана з організацією й здійсненням заходів із питань цивільного захисту.

Для організації проходження функціонального навчання посадовими особами та працівниками необхідно подати в році, що передує року навчання, до Інституту державного управління у сфері цивільного захисту (для представників ЦООВ) або навчально-методичних центрів областей та м. Києва (для представників суб'єктів господарювання, які входять до сфери їх управління) відповідні заявки. Складаючи заявку, треба враховувати те, що представники ЦООВ навчаються у зазначених навчальних закладах за кошти державного бюджету, а представники суб'єктів господарювання – за власні кошти.

У кошторисах суб'єктів господарювання необхідно передбачати кошти на проходження функціонального навчання відповідними категоріями працівників

Навчання інших працівників категорії Б та категорій В і Г здійснюється згідно з вимогами Порядку здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 26 червня 2013 року № 444.

Основою навчання дорослого населення з питань безпеки життєдіяльності, природної та техногенної безпеки, заходів пожежної безпеки на виробництві та в побуті є Програма загальної підготовки працівників підприємств, установ та організацій до дій у надзвичайних ситуаціях, затверджена наказом Державної служби України з надзвичайних ситуацій від 6 червня 2014 року № 310.

Навчання може проводитися за такими формами:

✓ курсове навчання, що передбачає вивчення теоретичного матеріалу та проходження практичної підготовки у складі навчальних груп, створених на підприємстві, в установі або організації;

✓ індивідуальне навчання, що передбачає вивчення теоретичного матеріалу самостійно та у формі консультацій із керівниками навчальних груп або іншими кваліфікованими особами;

- ✓ інструктажі, що передбачає доведення до відома працівників змісту основних вимог безпечної поведінки у разі загрози виникнення або виникнення НС;
- ✓ спеціальні об'єктові навчання й тренування з питань цивільного захисту, що передбачає відпрацювання практичних дій за планами реагування на НС [1].

Для організації навчання видається наказ керівника ЦООВ (суб'єкта господарювання) «Про організацію навчання працівників з питань цивільного захисту», у якому вказуються керівники та склад груп, форми та термін проведення занять. Організація та форми проведення занять повинні враховувати виробничі умови.

Керівники груп занять за програмою загальної підготовки обов'язково проходять функціональне навчання в Інституті державного управління у сфері цивільного захисту (навчально-методичних центрах безпеки життєдіяльності та цивільного захисту областей, м. Києва). Орієнтовний розподіл навчального часу за розділами програми та формами навчання, а також орієнтовні зміст тем за розділами програми та зміст практичних форм навчання затверджені наказом Державної служби України з надзвичайних ситуацій від 6 червня 2014 року № 310.

Зміст загальної підготовки працівників підприємств, установ та організацій до дій у надзвичайних ситуаціях поданий у навчально-методичному посібнику «Загальна підготовка працівників підприємств, установ та організацій до дії у надзвичайних ситуаціях».

План проведення занять, тематику та зміст занять бажано розміщувати на сайті ЦООВ (суб'єкту господарювання) у відповідному розділі, а за його відсутності – у відповідних інформаційно-довідкових куточках.

Для проведення перевірки засвоєння працівниками змісту Програми загальної підготовки наказом керівника створюється комісія з перевірки загальної підготовки працівників до дій у надзвичайних ситуаціях. До складу комісії обов'язково має входити фахівець, діяльність якого пов'язана з організацією та здійсненням заходів із питань цивільного захисту ЦООВ (суб'єкта господарювання). Перелік питань для перевірки знань із питань цивільного захисту розробляється комісією з перевірки загальної підготовки працівників до дій у НС і затверджується керівником. Перевірка знань за змістом Програми проводиться шляхом тестування або заліку в усній або письмовій формі та оформлюється протоколом комісії з перевірки загальної підготовки працівників до дій у НС.

Однак, останнім часом намітилась негативна тенденція щодо неналежного виконання розпорядження Уряду в частині направлення на навчання представників центральних і місцевих органів виконавчої влади. Керівництвом ДСНС України було підтримано пропозиції щодо налагодження прямих контактів між ІДУЦЗ та центральними органами виконавчої влади з вирішення означеної проблеми. У підсумку вже у 2023 році відбулося збільшення з 46% до 71% виконання плану комплектування Інституту відповідно до розпорядження Кабінету Міністрів України.

Наведена ретельна робота демонструє позитивні результати. Так, за останні три роки зростання кількісних показників стосовно слухачів, які пройшли навчання в Інституті, збільшилося в 1,63 рази.

- 2020/2021 навчальний рік – 1595 осіб;
- 2021/2022 навчальний рік – 1832 особи;
- 2022/2023 навчальний рік – 2589 осіб (за окремими дорученнями ДСНС України).

Протягом останніх років в ІДУЦЗ започатковано ряд нових актуальних для системи ДСНС України напрямів навчання, а саме:

- розпочато навчання з питань охорони праці посадових осіб органів та підрозділів ДСНС України (на 2024 рік заплановано навчання 144 посадових осіб ГУ ДСНС України в місті Києві та Київській області на безоплатній основі);
- започатковано проведення короткострокового підвищення кваліфікації з питань цивільного захисту педагогічних працівників навчально-методичних центрів (у 2024 році передбачено навчання 86 осіб);
- впроваджено проведення заняття з вивчення англійської мови зі співробітниками ГУ ДСНС України у Київській, Львівській, Харківській, Дніпровській, Одеській областях;
- запроваджено нові форми та методи навчання державних службовців у сфері цивільного захисту;
- поглиблено навчання з домедичної підготовки шляхом переходу на ІІ рівень (за 48-годинною навчальною програмою).

На сьогоднішній день, відповідно до вимог наказу Міністерства охорони здоров'я України «Про удосконалення підготовки з надання домедичної допомоги осіб, які не мають медичної освіти» від 04.08.2021 № 1627 в ІДУЦЗ проведено роботу щодо адаптації цієї програми. Програма теоретичного курсу охоплює викладання тем: поняття про принципи навчання з першої допомоги; поняття про сертифіковані курси, їх структура; основні методи навчання (лекції, семінари, симуляція, тощо), особливості їх викладання; психотипи дорослих слухачів та особливості викладання; можливі проблеми під час проведення навчання та шляхи їх вирішення; оцінка теоретичних знань та практичних вмінь слухачів, переекзаменування; викладання особам з особливими потребами [3].

Описані заходи дали можливість суттєво поліпшити показники навантаження науково-педагогічних працівників ІДУЦЗ, а також збільшити кількість напрямів підготовки в системі ДСНС України.

Продовжується робота щодо запровадження навчання за новими програмами, зокрема:

- функціонального навчання для потреб центральних і місцевих органів влади;
- підвищення кваліфікації фахівців з управління ризиками у сфері техногенної та природної безпеки з-поміж керівного складу і працівників органів влади, підприємств, установ і організацій;
- підвищення кваліфікації керівного складу ДСНС України.

Варто зауважити, що навчальний процес здійснюється на оновленій навчально-матеріальній базі. Комп'ютерний клас, обладнаний інтерактивною дошкою, забезпечує підвищення ефективності навчання під час проведення ділових ігор, моделювання можливого розвитку надзвичайних ситуацій, розробки варіантів управлінських рішень тощо. Наразі в Державній службі України з надзвичайних ситуацій розпочато реалізацію Стратегії реформування, пріоритетним завданням якої визнано впровадження в Україні сучасних європейських підходів у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, забезпечення пожежної та техногенної безпеки.

Основні зусилля в науково-дослідній роботі ІДУЦЗ спрямовано на прикладні дослідження, що мають найближчу перспективу практичного впровадження, а також удосконалення навчального процесу Із метою ефективного функціонування системи цивільного захисту в новостворених територіальних громадах та методичного забезпечення освітньої діяльності Інститутом розроблено та видано «Практичний порадник з реалізації основних заходів цивільного захисту в умовах реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні».

У контексті із завданнями щодо реалізації Стратегії в ІДУЦЗ сплановано та виконано низку дослідно-конструкторських робіт та науково-дослідних (далі – НДР), що мають практичну спрямованість.

Під час виконання НДР за темою: «Наукове обґрунтування змісту навчання населення виживанню в умовах надзвичайних ситуацій» досліджено зміст навчання населення виживанню в умовах надзвичайних ситуацій та розроблено навчальний посібник «Виживання населення у надзвичайних ситуаціях», запропоновано удосконалити профільну складову змісту навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях шляхом включення змістовних модулів, що передбачають вивчення актуальних питань.

Актуальним питанням залишається дослідження техногенно-екологічних наслідків Чорнобильської катастрофи, стану навколишнього природного середовища, процесів його динамічного перетворення та рівня негативного впливу на здоров'я населення. Враховуючи це, ІДУЦЗ виконано НДР за темою: «Дослідження техногенно-екологічних наслідків Чорнобильської катастрофи на сучасному етапі», в якій визначено шляхи й методи попередження і мінімізації техногенно-екологічного впливу наслідків аварії на Чорнобильській АЕС.

Крім того, в ІДУЦЗ ініційовано НДР за темою: «Дослідження організації підготовки та підвищення кваліфікації фахівців з питань цивільного захисту», за результатами якої розроблено пропозиції щодо удосконалення функціонування системи підготовки фахівців з питань цивільного захисту, проект Положення про організацію підготовки та підвищення кваліфікації посадових осіб з питань цивільного захисту та проект Професійної програми підвищення кваліфікації фахівців структурних підрозділів (посадових осіб) з питань цивільного захисту.

Значна увага приділяється підвищенню ресурсної інформаційно-інтелектуальної потужності бібліотеки, впровадженню новітніх інформаційних технологій. На веб-сайті ІДУЦЗ створено сторінку «Електронна бібліотека» з повноцінним інформаційно-пошуковим порталом, що дає змогу користувачам отримувати необхідну та актуальну інформацію.

Найближчі перспективи – це подальший розвиток системи підвищення кваліфікації у сфері цивільного захисту з урахуванням сучасних тенденцій та безпосередня участь у розробленні Концепції реформування системи підготовки кадрів для ДСНС України та забезпечення її реалізації.

Пропонуються нові підходи до організації навчання фахівців сфери цивільного захисту в ІДУЦЗ, що можуть бути корисними для інших вищих навчальних закладів системи ДСНС України, а саме:

- забезпечення прямих контактів між ІДУЦЗ та центральними органами виконавчої влади з вирішення проблеми виконання розпорядження Уряду в частині направлення на навчання представників центральних і місцевих органів виконавчої влади;
- провадження нових актуальних для системи ДСНС України напрямів, форм і методів навчання;
- навчання фахівців сфери цивільного захисту за новими навчальними програмами;
- організація навчального процесу на оновленій навчально-матеріальній базі;
- спрямування науково-дослідної роботи на прикладні дослідження, що мають найближчу перспективу практичного впровадження, а також удосконалення навчального процесу;

- підвищення ресурсної інформаційно-інтелектуальної потужності бібліотеки, впровадження новітніх інформаційних технологій.

Очікується, що впровадження вказаних нових підходів до організації навчання забезпечить належний рівень підготовки фахівців сфери цивільного захисту.

Перелік посилань

1. Наказ ДСНС України від 06.06.2014 № 310 «Програма загальної підготовки працівників підприємств, установ та організацій до дій у надзвичайних ситуаціях».
2. Наказ МНС України від від 20 вересня 2021 року № 685 «Порядок організації службової підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту».
3. Наказ МОЗ України від 04.08.2021 № 1627 «Про удосконалення підготовки з надання домедичної допомоги осіб, які не мають медичної освіти».

POMIAR PROPAGACJI FAL POWIERZCHNIOWYCH W MATERIAŁACH PODATNYCH

Rosiak M., Kaczmarek M.
Wydział Mechatroniki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, Polska

Streszczenie. Tkanki miękkie organizmów żywych to materiały, które charakteryzują się niską ściśliwością i małą sztywnością na ścinanie. Cechą takich materiałów jest również ich niejednorodna, a w szczególności warstwowa struktura, gdzie poszczególne warstwy mogą mieć znacznie różne grubości i sztywności. Narzędzia do badania właściwości mechanicznych takich materiałów nie są dobrze rozwinięte w porównaniu z metodami badania materiałów konstrukcyjnych, natomiast potrzeby badawcze są ogromne.
Istotnym parametrem badania materiałów miękkich w kontekście diagnostyki jest poszukiwanie narzędzi, które są nieinwazyjne i wystarczający jest dla nich dostęp do badanego materiału z powierzchni. Dostępna wiedza, głównie z zakresu materiałów geologicznych wskazuje, że fale prowadzone mogą być szczególnie przydatne w badaniach warstwowych materiałów miękkich. Charakterystyczną właściwością fal powierzchniowych w materiałach warstwowych, zgodnie z modelem Haskella, jest występowanie wielu modów falowych o różnych energiach i nienakładających się zakresach częstotliwości. Przebieg krzywych dyspersji zależy zarówno od grubości, jak i od modułu Kirchhoffa poszczególnych warstw. Takie zachowanie się fal powierzchniowych w materiałach podatnych zdają się potwierdzać również dostępne publikacje w których do generowania fal wykorzystywano m. in. wzbudniki elektrodynamiczne, z kolei pomiar przemieszczeń związanych z zaburzeniem fali przeprowadzono za pomocą bardzo drogiej aparatury do optycznej tomografii koherentnej. W związku z ceną oraz dostępnością specjalistycznego sprzętu, istnieje potrzeba poszukiwania alternatywnych rozwiązań. Jedną z możliwości stanowią laserowe sensory przemieszczeń, których wstępne badania przyniosły satysfakcjonujące rezultaty.
Słowa kluczowe: fale powierzchniowe, fale Rayleigha, materiały podatne, tkanki miękkie.

Wprowadzenie

Propagacja fal powierzchniowych w podatnych materiałach o strukturze warstwowej stanowi istotny obszar badań zarówno w naukach inżynieryjnych, przyrodniczych jak również od niedawna medycznych. Przyjmuje się że w tych ostatnich, możliwym zastosowaniem metody propagacji fal powierzchniowych w warstwowych materiałach podatnych jest ocena właściwości tkanek miękkich, takich jak skóra z warstwą tkanki podskórnej oraz mięśni in vivo. Poszukiwanie alternatywnych metod badań własności tkanek miękkich w medycynie są istotne ponieważ stan tkanek niesie za sobą kluczową informację w diagnozowaniu różnych stanów chorobowych oraz ocenie stanu zdrowia pacjenta, daje możliwości oceny np. obrzęków, ich skali, stopnia zaawansowania czy rozległości.

Temat analizy tkanek metodą falową in vivo został już podjęty między innymi na Uniwersytecie w Seattle [1]. Badania które zostały wykonane przy zastosowaniu metod falowych na obecną chwilę, opierały się na wykorzystaniu specjalistycznej, bardzo drogiej, stacjonarnej aparatury pomiarowej, która nie jest stricte aparaturą medyczną, a jej główne przeznaczenie znajduje się w branży technologicznej, gdzie stosowana jest przez fizyków do badań materiałowych. Duży rozmiar aparatury uniemożliwia realizację pomiarów poza laboratorium, na pacjencie w niewielkiej skali i z niewielkimi kosztami. W związku z tym istnieje potrzeba stworzenia urządzenia stanowiącego alternatywę, która połączy w sobie optymalną dokładność uzyskiwanych wyników z przestępnością cenową samej aparatury, ponieważ aktualnie wykorzystywane nisko-kosztowe metody badań tkanek miękkich, które wykorzystują urządzenia projektowane docelowo do zastosowań medycznych in vivo na pacjencie posiadają szereg wad, gdzie kluczową jest wysoki stopień wrażliwość wyniku na subiektywne czynniki przeprowadzania pomiaru, jak np. sposób trzymania urządzenia, jego ustawienie na tkance, kończynie pacjenta, itp. W Tabeli 1 przedstawiono wybrane metody

popularnych badań tkanek wykorzystującymi budżetowe urządzeniami w pełni kontaktowymi elementami badawczymi, tj. zarówno etap wymuszenia, jak i odczytu danych związany jest z kontaktem z ciałem pacjenta. Wykorzystywane w nich są właściwości mechaniczne tkanek, jak np. sprężystość.

Tabela 1. Wybrane metody nisko-kosztowych metod badań tkanek miękkich

Nazwa metody	Charakterystyka metody
Metoda ściskania fałdu skórnego:	Polega na chwytaniu fałdu skórnego i jego ściskaniu między palcami lub szczękami specjalnego urządzenia nazywanego fałdomierzem. Następnie mierzy się grubość fałdu skórnego oraz czas, jaki zajmuje mu powrót do pierwotnego stanu. Na podstawie różnic wartości w kolejnych chwilach czasowych pomiaru określa się tempo pełzania, tj. deformacja tkanki w czasie. Im dłużej trwa powrót fałdu do pierwotnej pozycji, tym gorsza jest elastyczność skóry. Ta metoda może być wykorzystywana w ocenie odżywienia, stanu nawodnienia oraz jako wskaźnik ogólnego stanu zdrowia pacjenta.
Metoda wgłębnikowa z kontrolą siły:	Polega na wykorzystaniu specjalnego wgłębnika, który przykłada się do powierzchni skóry z stałą wartością zadanej siły, która jest kontrolowana. Wgłębniki te mają zwykle płaską lub stożkową końcówkę, która jest delikatnie naciskana na badaną tkankę. Podczas gdy wgłębnik jest naciskany na tkankę, mierzona jest reakcja tej tkanki na przyłożoną siłę, co może obejmować odkształcenie, sprężystość czy też inne właściwości mechaniczne. Wyniki te mogą być analizowane w celu oceny stanu tkanek, na przykład w diagnostyce guzów czy ocenie elastyczności mięśni.
Metoda wgłębnikowa z kontrolą zagłębienia:	Polega na wykorzystaniu wgłębnika, który przykłada się do powierzchni skóry, jednak w przeciwieństwie do metody z kontrolą siły, tutaj kontroluje się stałą prędkość zagłębienie wgłębnika pomiarowego w tkankę miękką. Weryfikacja siły przy zagłębianiu, oraz wartości zagłębienia urządzenie w tkankę, może dostarczyć informacji na temat jej gęstości, elastyczności oraz innych właściwości mechanicznych. Ta metoda może być przydatna przy ocenie stopnia stwardnienia tkanek w przypadku stanów patologicznych, takich jak twardzina.

Materiały i metody

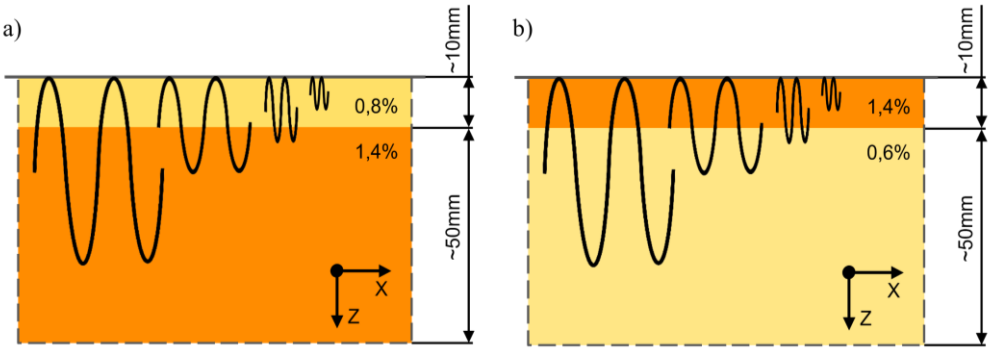
W związku problematycznością przeprowadzania badań z wykorzystaniem prototypowego sprzętu pomiarowego i testowego oprogramowania na materiale biologicznym, istnieje potrzeba poszukiwania alternatywnych ławo obrabialnych materiałów na próbki odzwierciedlające w pewnym stopniu materiał tkanki miękkiej człowieka. Z przeglądu literatury wnioskuje się, że fantomy imitujące tkankę którą rozpatrywać należy jako podatny materiał warstwowy, fantomy wykonane mogą być z różnych materiałów, jednak najczęściej wykorzystywanymi substancjami są żelatyna, agar, oraz ich kompozycje z wypełniaczami, jak również innymi substancjami żelującymi, czy substancjami wprowadzającymi lepkość do układu, gdzie poprzez stężenie poszczególnych substancji oraz udział wypełniacza możliwy jest wpływ na własności materiałowe ostatecznego fantomu do badań. Rysunek 1. przedstawia przykładową zależność stężenia agaru w fantomie do prędkości fazowej fali powierzchniowej

w nim się propagującej. Dane aproksymowano i ekstrapolowano z wartości dostępnych w literaturze [2].



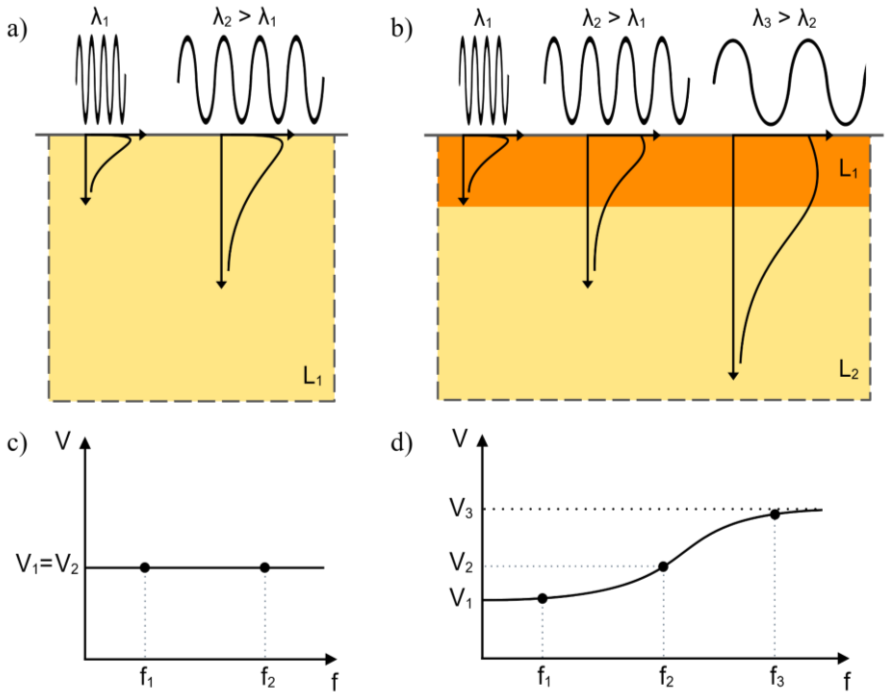
Rys. 1. Zmiana prędkości fali powierzchniowej w zależności od wagowego stężenia agaru w fantomie

Wykorzystując dane przedstawione na wykresie z rysunku 1, przygotowano fantomy bazujące na roztworze koloidalnym wody oraz agaru, których schemat warstw z orientacyjnym przebiegiem fali powierzchniowej o różnej częstotliwości prezentuje rys. 2. Fantomy agarowe wykonano z koncentracjami wagowymi substancji żelującej 0.6 i 1.4%, oraz 1.4 i 0.8% dla odwrotnego układu sztywności, z grubościami 10 i 50 mm, odpowiednio dla warstwy górnej i dolnej.



Rys. 2. Schemat warstw fantomów a) przykład prostego, oraz b) odwrotnego układu sztywności warstw

Podczas pobudzania materiału zewnętrznymi drganiami walca wzbudzającego, zachodzi lokalne odkształcenie postaciowe i absorpcja energii, co prowadzi do generowania fal mechanicznych, rozprzestrzeniających się w materiale. Wśród tych fal propagują się między innymi fale Rayleigha, które znajdują szerokie zastosowanie w charakteryzowaniu właściwości sprężystych powierzchni twardych materiałów stałych oraz cienkich warstw. Rozchodzenie się fal powierzchniowych w ośrodku niejednorodnym, tj. w materiałach warstwowych, wykazuje zachowanie dyspersyjne, gdzie dyspersja oznacza, że różne składowe częstotliwości mają różne prędkości fazowe.



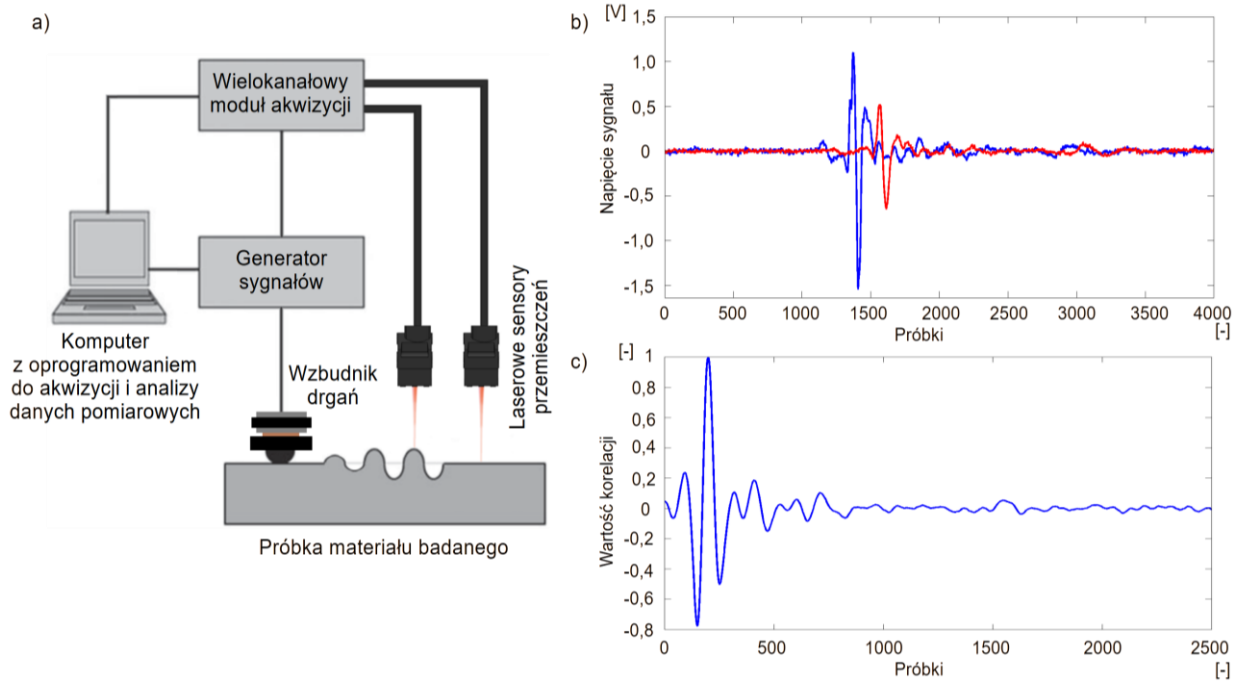
Rys. 3. Schemat propagacji fal o różnej długości λ a) w materiale jednorodnym, oraz c) wykres zależności prędkość fali od częstotliwości w materiale jednorodnym, b) w materiale z warstwą na pół-nieskończonej przestrzeni, oraz d) wykres zależności prędkości fali od częstotliwości w materiale warstwowym

W materiale jednorodnym (a) prędkość fazowa jest stała, natomiast w materiale warstwowym (b) zachodzi rozproszenie fali, ponieważ prędkość fazowa zależy od częstotliwości. Prędkość fazowa przy różnych częstotliwościach zależy od właściwości sprężystych i geometrycznych materiału. W jednorodnym materiale izotropowym prędkość fazową fali powierzchniowej V_R, można przybliżyć za pomocą następującego wzoru:

$$V_R = \frac{0{,}87 + 1{,}12\nu}{1+\nu}\sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}}$$

gdzie: E to moduł Younga, ν to współczynnik Poissona, a ρ to gęstość materiału.

W ośrodku wielowarstwowym, gdzie każda warstwa ma inne właściwości sprężyste, na prędkość fazową fali powierzchniowej wpływają właściwości mechaniczne wszystkich warstw, w które ona wnika. Właściwości sprężyste, które wpływają na krzywą dyspersji prędkości fazowej, obejmują nie tylko moduł Younga, współczynnik Poissona i gęstość każdej warstwy, ale także grubość każdej z nich. W tym przypadku fale powierzchniowe o krótszych długościach fal (wyższa częstotliwość) wnikają na mniejszą głębokość, tak więc prędkość fazowa zależy od warstw powierzchniowych. W przypadku fal powierzchniowych o większej długości fali (niższa częstotliwość) wnikają głębiej w materiał, a na prędkość fazową asymptotycznie wpływają właściwości sprężyste głębszych warstw.

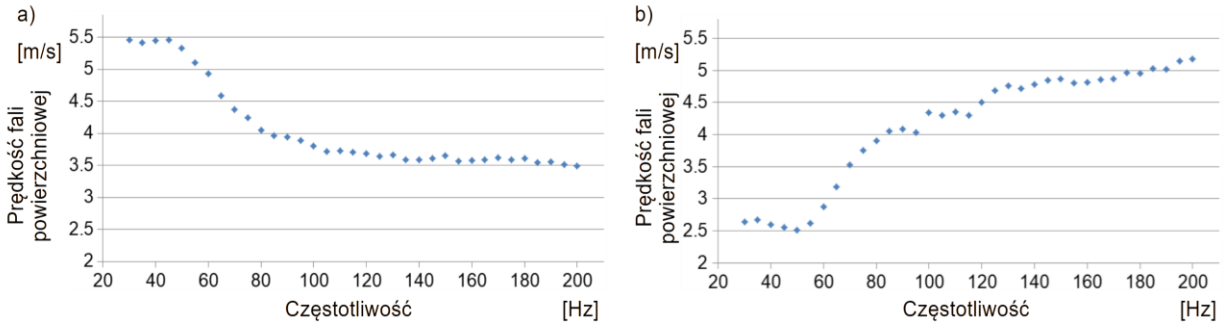


Rys. 4. a) Schemat układu pomiarowego do pomiaru propagacji fal powierzchniowych w materiałach podatnych, b) Sygnały rejestrowane przez czujniki przemieszczeń, oraz c) wykres współczynnika korelacji

Autorskie oprogramowanie napisane w środowisku LabView przetwarza analogowe dane z sensorów Keyence LK-0052 zbierane przez wielokanałowy moduł akwizycji Advantech USB-4704. Sygnał wzbudzający generowany jest przez wielofunkcyjny generator sygnałów arbitralnych Agilent 33220A, synchronizowany podstawą czasu z akwizycją poprzez wyjście cyfrowe modułu Advantech. Wyznaczanie prędkości fal, a następnie krzywych dyspersyjnych w oprogramowaniu realizowane jest poprzez korelacje wzajemne okienkowanych sygnałów dla akwizycji dwupunktowej. Akwizycja sygnału poprzez dwa sensory niweluje konieczność kontroli odległości między elementem wzbudzającym drgania w fantomie, a pojedynczym sensorem przetwarzającym przemieszczenia powierzchni fantomu wynikającymi z propagacji fali powierzchniowej. Wynikiem funkcji korelacji krzyżowej sygnałów jest krzywa korelacji (rys. 4 c)), która pokazuje stopień podobieństwa między sygnałami w zależności od przesunięcia czasowego. Wartość maksymalna na tej krzywej wskazuje na optymalne przesunięcie, przy którym oba sygnały są najlepiej zsynchronizowane. Przesunięcie maksimum w osi odciętych oznacza wartość wzajemnego czasowego przesunięcia sygnałów wyrażoną w ilości próbek, która powiązana jest z częstością próbkowania sygnałów z dwóch czujników.

Rezultaty

Dla fantomów agarowych o stężeniach jak na rys. 2 a) 0.8 i 1.4%, oraz b) 1.4 i 0.6% wykonano szereg pomiarów z generowaniem sygnałów o częstotliwości w zakresie od 30 do 200 Hz. Następnie z wyników dla poszczególnych częstotliwości oraz odpowiadającym im wyliczonym z funkcji korelacji krzyżowej wartościom prędkości fali powierzchniowej, wyznaczono krzywe dyspersji przedstawione na ilustracji nr. 5.



Rys. 5. a) Krzywa dyspersji dla fantomu dwuwarstwowego o stężeniu agaru 0,6/1,4% i grubości 10/50 mm (warstwa górna/dolna), b) Krzywa dyspersji dla fantomu dwuwarstwowego o stężeniu agaru 1,4 / 0,8% i grubości 10/50 mm (warstwa górna / dolna)

Wykresy pokazane na rys. 5 ilustrują zależność dyspersji od rozkładu sztywności materiałów warstwowych. Dla twardszego podłoża krzywa dyspersji ma charakter funkcji malejącej, ponieważ niskim częstotliwościom odpowiadają fale długie, które docierają do podłoża i wraz ze wzrostem częstotliwości penetrowana jest mniejsza część podłoża. Podobna argumentacja dotyczy wyników dla podłoża o mniejszej sztywności.

Wnioski

Metoda badań propagacji fal powierzchniowych w podatnych materiałach o strukturze warstwowej oferuje znaczne możliwości z punktu widzenia oceny własności materiałów sprężystych, do których zaliczyć można między innymi tkanki ludzkie i analizę obrzęków. Metoda ta może znaleźć zastosowanie nie tylko w badaniach medycznych, fale powierzchniowe mogą być również wykorzystywane w inżynierii materiałowej, kontrolach jakości czy badaniach nad strukturami kompozytowymi. Podsumowując do zalet zaliczyć należy relatywnie niski koszt sprzętu. Jest to technika droższa od metod palpacyjnych, przedstawionych w Tabeli 1, jednak znacznie tańsza od np. optycznej tomografii koherencyjnej. Omawiana metoda wykorzystuje stosunkowo prosty sprzęt, taki jak generator sygnałów, wzmacniacz, głośniki, laserowe sensory przemieszczeń, oscyloskop i komputer do analizy danych. W porównaniu z innymi zaawansowanymi technikami, wymaga znacznie mniejszych nakładów finansowych na sprzęt. Ponadto jest to nieinwazyjna technika, gdzie jedynym elementem kontaktowym jest wzbudnik. Dzięki temu można badać tkanki ludzkie bez ryzyka uszkodzenia lub dyskomfortu dla pacjenta. Wysoka rozdzielczość jaką mogą zapewnić sensory przemieszczeń w detekcji propagacji fal powierzchniowych pozwala na dokładne określenie właściwości materiałów podatnych, w tym struktury warstwowej tkanek. Fale powierzchniowe charakteryzują się wysoką czułością na zmiany w materiale. W związku z tym dzięki zdolności do detekcji nawet subtelnych zmian w propagacji fal powierzchniowych, metoda ta może być użyteczna we wczesnym wykrywaniu obrzęków, które wpływają na właściwości mechaniczne badanego materiału. Bardzo ważną zaletą jest również możliwość badań i analizy sygnałów w czasie rzeczywistym. Przebieg propagacji fal powierzchniowych może być monitorowany w czasie rzeczywistym, co umożliwia obserwację dynamicznych zmian w materiale, takich jak reakcje na obciążenia czy temperaturę.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”

Bibliografia

1. Kirby M. A., Pelivanov I., Song S., Ambroziński Ł., Yoon S. J., Gao L., Li D., Shen T. T., Wang R. K., O’Donnell M. (2017). Optical coherence elastography in ophthalmology. Journal of Biomedical Optics.
2. Li C., Huang Z., Wang R. K. (2011). Elastic properties of soft tissue-mimicking phantoms assessed by combined use of laser ultrasonics and low coherence interferometry. Optics Express.
3. Li C., Guan G., Reif R., Huang Z., Wang R. K. (2012). Determining elastic properties of skin by measuring surface waves from an impulse mechanical stimulus using phase-sensitive optical coherence tomography. Journal of the Royal Society Interface.
4. Ryden N., Lowe M. J. S. (2004). Guided wave propagation in three-layer pavement structures. Acoustical Society of America.
5. Urbańska M. A., Kolenderska S. M., Rodrigues S. A., Thakur S. S., Vanholsbeech F. (2022). Broadband-excitation-baswed mechanical spectroscopy of highly viscous tissue-mimicking phantoms. Optics Express.
6. Lowe M. J. S. (1995). Matrix techniques for modeling ultrasonic waves in multilayered media. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control.
7. Haskell N. A. (1953). The dispersion of surface waves on multilayered media. Bulletin of the Seismological Society of America.
8. Zhang X. (2017). A surface wave elastography technique for measuring tissue viscoelastic properties. Medical Engineering & Physics.
9. Zhang X. (2018). A noninvasive surface wave technique for measuring finger’s skin stiffness. Journal of Biomechanics.
10. Yang C., Xiang Z., Li Z., Nan N., Wang X. (2022). Optical coherence elastography to evaluate depth-resolved elasticity of tissue. Optical Express.

OCENA WPŁYWU PROMIENIOWANIA ELEKTROMAGNETYCZNEGO GENEROWANEGO PRZEZ TELEFON KOMÓRKOWY NA ORGANIZM CZŁOWIEKA NA PODSTAWIE ANALIZY TERMOGRAFICZNEJ

Rutkowski J.[1], Musiał J.[2]
[1]Wydział Mechatroniki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, Polska
[2]Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Politechnika Gdańska, Polska

Streszczenie: W obecnych czasach telefon komórkowy jest wykorzystywany praktycznie całą dobę. Wraz z rozwojem technologii obserwujemy wzrost świadomości populacji, oraz trend dbania o zdrowie i bezpieczeństwo. Z uwagi na wprowadzaną ostatnimi czasy nową generację sieci telefonii komórkowej 5G, i rosnącymi w związku z tym wątpliwościami co do bezpieczeństwa rozwijanej technologii dla organizmu człowieka. W niniejszym artykule opisane zostały badania mające na celu przybliżenie lokalnego wpływu korzystania z dotychczas funkcjonującej sieci telefonii komórkowej na organizm człowieka. Celem artykułu jest zobrazowanie opisanego efektu oraz wyprowadzenie wniosków dotyczących skali opisanego zjawiska, a także subiektywna ocena zagrożenia wywołanego badanym efektem termicznym.
Słowa kluczowe: termografia, promieniowanie elektromagnetyczne, efekt termiczny, telefon komórkowy.

WPROWADZENIE

Biorąc pod uwagę organizm ludzki, w bardzo dużym uproszczeniu, jesteśmy w stanie porównać go do swego rodzaju zbiornika wypełnionego wodą zawierającą w sobie rozpuszczone jony i elektrolity. Podstawą życia człowieka jest tzw. homeostaza (biochemiczna równowaga organizmu) odpowiadająca między innymi za utrzymanie gospodarki wodno-elektrolitycznej na poziomie stałym. Środowisko reprezentowane przez organizm człowieka odznacza się stosunkowo dobrym przewodnictwem prądu elektrycznego, a ponad to zlokalizowane w komórkach żywych elektrolity w bardzo dynamiczny sposób odpowiadają na wszelkiego rodzaju zaburzenia pola elektromagnetycznego.

Podstawowym zjawiskiem oddziaływania pola elektromagnetycznego na tkankę żywą jest tzw. efekt termiczny, polegający na stopniowym nagrzewaniu się tkanki żywej poddanej działaniu promieniowania elektromagnetycznego. Zjawisko to wykorzystywane jest między innymi w kuchenkach mikrofalowych. Pole elektromagnetyczne generowane z zakresu mikrofal absorbowane jest przez zlokalizowane w bliskiej odległości od warstw zewnętrznych produktu cząsteczki wody, wprowadzając je w mikro drgania, które doprowadzają bezpośrednio do wzrostu wartości temperatury produktu.

Źródłem sztucznego promieniowania elektromagnetycznego są wszystkie urządzenia (instalacje), w których występuje przepływ prądu elektrycznego. Do tego typu urządzeń zaliczany jest również telefon komórkowy, popularniej nazywany jako smartphone. Postęp technologiczny ludzkości spowodował wzrost narażenia na sztuczne pola elektromagnetyczne. Oczekuje się, że rozwój technologiczny będzie kontynuowany, w związku z czym wielkość ekspozycji na pola elektromagnetyczne będzie znacząco wzrastał. W szczególności zaobserwować można stale rosnący czas użytkowania smartfonów (telefonów komórkowych), które stały się koniecznością dla współczesnych ludzi. Obawy społeczne i zainteresowanie wpływem między innymi na ludzki mózg wzrastają, gdy weźmiemy pod uwagę obszar, w którym używany jest telefon komórkowy. [1]

Absorpcja promieniowania elektromagnetycznego generowanego przez tego typu urządzenia w trakcie rozmowy telefonicznej, występuje w głównej mierze w warstwach zewnętrznych skóry głowy, powodując lokalny wzrost wartości temperatury, który ostatecznie

może prowadzić między innymi do skutków pośrednich w organizmie ludzkim, zarówno na poziomie molekularnym jak i fizjologicznym.

Należy dodać, że na intensywność efektu termicznego wpływają w dużym stopniu czynniki zewnętrzne między inni takie jak: jakość sygnału uwarunkowana odległością od stacji bazowej telefonii komórkowej, generacja sieci, warunki atmosferyczne oraz co ciekawe ułożenie głowy i telefonu w stosunku do stacji bazowej. Zlokalizowanie głowy pomiędzy urządzeniem a stacją bazową powoduje wzrost tłumienia sygnału na drodze urządzenie - stacja bazowa. Wzrost wartości tłumienia jest bezpośrednio wykrywany przez stację, która w odpowiedzi reaguje zwiększeniem mocy anteny urządzenia w celu utrzymania rozmowy na dobrym poziomie jakości.

W związku z powyższym określony został złożony cel, którego założenia polegały na: zbadaniu wpływu promieniowania elektromagnetycznego generowanego przez telefon komórkowy podczas trwania rozmowy telefonicznej na efekt termiczny skóry głowy, poznaniu zależności pomiędzy czasem trwania rozmowy i generację sieci a efektem termicznym oraz zbadaniu wpływu pozycji telefonu komórkowego igłowy w stosunku do stacji bazowej.

WYSTĘPOWANIE PROMIENIOWANIA ELEKTROMAGNETYCZNEGO

Według doniesień World Health Organization wraz z uprzemysłowieniem społeczeństwa i wciąż postępującą rewolucją technologiczną, nastąpił diametralny wzrost liczby i różnorodności źródeł pola elektromagnetycznego. Mimo to, że coraz to nowsze urządzenia elektroniczne wzbogacają życie o nowe i proste drogi pozyskiwania informacji, to zmusiły nas do spekulacji o możliwym zagrożeniu dla zdrowia człowieka wynikającego z coraz to bardziej upowszechnionego i długotrwałego działania pól elektromagnetycznych. [2]

Pola elektromagnetyczne obecną są wszędzie w naszym środowisku, natomiast niewidoczne dla ludzkiego oka. Naturalnie wytwarzane są między innymi przez lokalne gromadzenie się ładunków elektrycznych w atmosferze, czemu towarzyszy zjawisko wyładowań atmosferycznych (burza). Poza źródłami naturalnymi, widmo elektromagnetyczne obejmuje również pola generowane przez źródła stworzone sztucznie za pośrednictwem człowieka. Przykładem tego typu źródeł mogą być np. anteny telewizyjne, stacje radiowe, czy też stacje bazowe telefonii komórkowej. [3]

ODDZIAŁYWANIE POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO NA TKANKĘ LUDZKĄ

Pole elektromagnetyczne jest pewnego rodzaju polem fizycznym, stanem przestrzeni, w której na dany obiekt mający ładunek elektryczny oddziałują siły natury elektromagnetycznej. Pole elektromagnetyczne to składowa pola magnetycznego i elektrycznego. Oba te pola są ze sobą bezpośrednio skorelowane, natomiast postrzeganie ich jest uzależnione od obserwatora. Pole magnetyczne wytwarzane jest wokół przewodnika przez który płynie zmienny prąd elektryczny. Natomiast pole elektryczne generowane jest przez ładunki elektryczne jak i zmienne pole magnetyczne.

Biorąc pod uwagę tkankę ludzką pod względem przewodzenia promieniowania cieplnego, istotnym faktem jest, że ludzka skóra odznacza się własnościami zbliżonymi do tzw. izolatorów (obiekt fizyczny nie posiadający swobodnych nośników elektryczności, przez co nie ma możliwości wywołania w nim przypływu prądu). Ciało człowieka jest środowiskiem niejednorodnym pod względem parametrów dielektrycznych związanych ze zmianą np. zawartości węglowodanów, tłuszczu, białka i elektrolitów. Dla pól elektromagnetycznych wysokich częstotliwości, ludzki organizm przyjmuje cechy charakterystyczne dla półprzewodników.

Jednym ze znanych i dobrze przebadanych następstw oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego na organizm żywy jest tzw. efekt oddziaływania termicznego. Zjawisko to odznacza się krótkotrwałym wzrostem wartości temperatury tkanek przypowierzchniowych

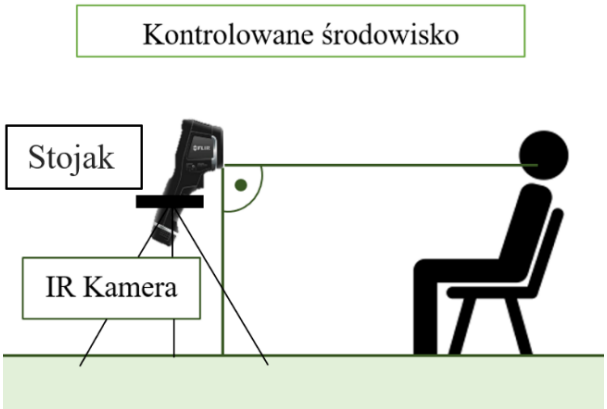
oraz zmian patologicznych i reakcji fizjologicznych uwarunkowanych podwyższeniem temperatury płynów ustrojowych i tkanek. Intensywność wzrostu wartości temperatury uzależniona jest od różnych czynników, między innymi takich jak: częstotliwości fali elektromagnetycznej, wartości natężenia pola elektromagnetycznego, zawartości wody w danej tkance oraz od stopnia zdolności termoregulacyjnej (cecha osobnicza). Fale elektromagnetyczne podczas przenikania przez ludzki organizm ulegają tłumieniu. Szybkość tłumienia uzależniona jest w dużym stopniu od częstotliwości. Należy podkreślić, że nie tylko tłumienie ale też parametry fali (długość, prędkość propagacji) ulegają zmianie. [4]

PARAMETRY WPŁYWAJĄCE NA WYNIK POMIARU KAMERĄ TERMOGRAFICZNĄ

Pojęcie termografii opisuje proces rejestracji oraz przetwarzania otrzymanego przy użyciu kamery termograficznej obrazu cyfrowego (termogram) z zakresu promieniowania podczerwieni (ang. infrared - IR). Działanie to, ma na celu uzyskanie w sposób bezstykowy informacji związanych z rozkładem temperatury na powierzchni badanego obiektu lub grupy obiektów, tworzących całość, czyli tzw. scenę. [5]

Wartość promieniowania IR emitowanego przez powierzchnię ciała człowieka jest w znacznym stopniu skorelowana z warunkami panującymi w otoczeniu. Do warunków otoczenia zalicza się między innymi: przepływ powietrza, temperaturę otoczenia, wilgotność oraz stopień nasłonecznienie pomieszczenia. Biorąc pod uwagę, że obiektem badań jest ludzki organizm, należy wziąć pod uwagę również zmiany wartości temperatur spowodowane stresem czy potem.

W przypadku badań termograficznych, miejsc ciała poddanych zwiększonemu stopniu potliwości (okolice pach), wskazanym jest zastosowanie antyperspirantów bezpośrednio przed wykonaniem pomiarów kamerą termograficzną aby zmniejszyć wpływ oddziaływania obecności potu na wyniki pomiarów. Pomiary obszaru twarzy, aby były przeprowadzone prawidłowo, muszą być realizowane bez makijażu oraz tak aby włosy nie zakrywały badanego obszaru. Na samym wstępie, przed rozpoczęciem badania, należy zapewnić osobie badanej kilkuminutową aklimatyzację, tak aby miała możliwość osiągnięcia równowagi termicznej. W zależności od obszaru przeprowadzania badań, aklimatyzacja może być realizowana w ubraniu lub nago. Rysunek 1 przedstawia poprawny schemat typowej konfiguracji pomiarowej okolic twarzy. [6]



Rys. 1. Schemat poprawnej konfiguracji przy pomiarach kamerą termograficzną okolic twarzy. Warunki w pomieszczeniu sprzyjają pomiarom. Kamera położona jest prostopadle do powierzchni obserwacyjnej w celu zminimalizowania błędów geometrycznych pomiaru temperatury - opracowanie własne

Aby pomiary były miarodajne koniecznym jest branie pod uwagę wszystkich tych czynników wpływających na wartości pomiarów, a tym bardziej w zastosowaniach medycznych, gdzie wartości temperatur mieszczą się w bardzo wąskim zakresie (od części dziesiątych do kilku stopni Celsjusza).

METODOLOGIA BADAŃ WŁASNYCH

Przedmiotem badań jest zjawisko wpływu termicznego promieniowania elektromagnetycznego generowanego przez telefon komórkowy na wybraną powierzchnię skóry głowy osoby badanej. Tematyka zagadnienia z charakteru jest interdyscyplinarna, ponieważ łączy w sobie dwie, z pozoru odrębne dziedziny, jakimi są medycyna i szeroko pojęta technika. Dzięki temu podejściu możliwe staje się odpowiedzenie na pytania, które swoim zasięgiem obejmują obie te dziedziny.

Pomiary zostały wykonane w pomieszczeniu o wymiarach 4,5m x 5,2m, wyposażonym w parę okien zasłoniętych roletami o 0 % przenikalności promieniowania widzialnego do wnętrza pomieszczenia. Dzięki temu rozwiązaniu ryzyko absorpcji dodatkowej dawki promieniowania elektromagnetycznego mogącego powodować niekontrolowany wzrost wartości temperatur pomieszczenia jak i osoby badanej został zminimalizowany. W pomieszczeniu regulacja temperatury odbywała się przy pomocy regulatora temperatury sterującego ogrzewaniem instalacji grzewczej tzw. podłogówki. Regulator mierząc temperaturę otoczenia dążył do temperatury zadanej poprzez regulację zaworu sterującego w rozdzielaczu wodnym. Biorąc pod uwagę znaczenie wilgotności, w pomieszczeniu wykorzystany został również czujnik wilgotności powietrza.

Obszar pomiarowy został w pełni odizolowany od dodatkowych, zakłócających wyniki pomiarów źródeł, aby zmaksymalizować miarodajność uzyskanych wyników.

W pomieszczeniu został wyznaczony stały obszar pomiarowy (rys. 2a), w którym przeprowadzone były wszystkie pomiary. Kamera termograficzna została umocowana na sztywnym stojaku (rys. 2b) wyposażonym w funkcję regulacji wysokości nóżek, miejsca mocowania narzędzia oraz poziomicę pierścieniową (pudełkową), ułatwiającą poziomowanie całego układu. Uchwyt mocujący kamerę (rys. 2c) do stojaka został zaprojektowany w programie Autodesk Inventor 2021 i wydrukowany przy pomocy drukarki 3D Anet A8 PLUS (rys. 3). Przeprowadzone zabiegi mają na celu ujednolicenie pomiarów. Zastosowanie stojaka wraz z uchwytem dało możliwość regulacji kamery termograficznej przy każdym pomiarze, jeżeli zaistniałą taka potrzeba. Bez względu na wzrost osoby badanej, kamera mogła być położona prostopadle do powierzchni obserwacyjnej w celu zminimalizowania błędów geometrycznych pomiaru temperatury.

Budynek, w którym przeprowadzone były pomiary znajduje się w linii prostej w odległości ok 200m do stacji bazowej operatora sieci PLAY, dzięki czemu jakość sygnału była na wysokim poziomie (ok. -60 dBm).



a) obszar badawczy b) stojak na kamerę c) uchwyt kamery

Rys. 2. Zdjęcia prezentujące obszar badawczy, stojak oraz uchwyt wykonany technologią druku 3D. Całość została wykorzystana w badaniach w celu ujednolicenia pomiarów, ustabilizowania i ustawienia pod odpowiednim kątem kamery termograficznej – opracowanie własne

PROCEDURA BADAŃ

W badaniu wzięło udział pięć osób w przedziale wiekowym od 20 do 50 lat, trzy kobiety w wieku 20, 21 i 50 lat oraz dwóch mężczyzn w wieku 22 i 49 lat. Procedura doświadczenia (tab. 1) dla każdej z osób, składała się z czterech części w skład których wchodziły trzy etapy pomiarowe, trwających kolejno po sobie: 1 min,5 min, 10 min. Po zakończeniu każdego etapu realizowana była 5 minutowa przerwa, w celu uregulowania temperatury twarzy osoby badanej. Etap I u każdej z badanych osób poprzedzony był aklimatyzacją trwającą 15 min, której czas ustalony został na podstawie przeprowadzonych badań. [7]

W części I oraz II został wykorzystany telefon chińskiej marki OnePlus model 7T HD1900 wyprodukowany w roku 2019. Telefon występuje w wersji europejskiej, pracuje w sieci PLAY i działa z wykorzystaniem sieci 4G, jak i z poprzednimi generacjami sieci telefonii komórkowej. Współpracuje ze standardem GSM900 i GSM1800 na kanałach: B2/3/5/8, gdzie w Polsce operator PLAY oferuje: 1/3/7/8/20 [8]. Zgodnie instrukcją urządzenia generuje wartość współczynnika SAR na poziomie 1,07 W/kg w przypadku bezpośredniego kontaktu z uchem oraz 1,10 W/kg w przypadku bliskiej odległości do reszty ciała.

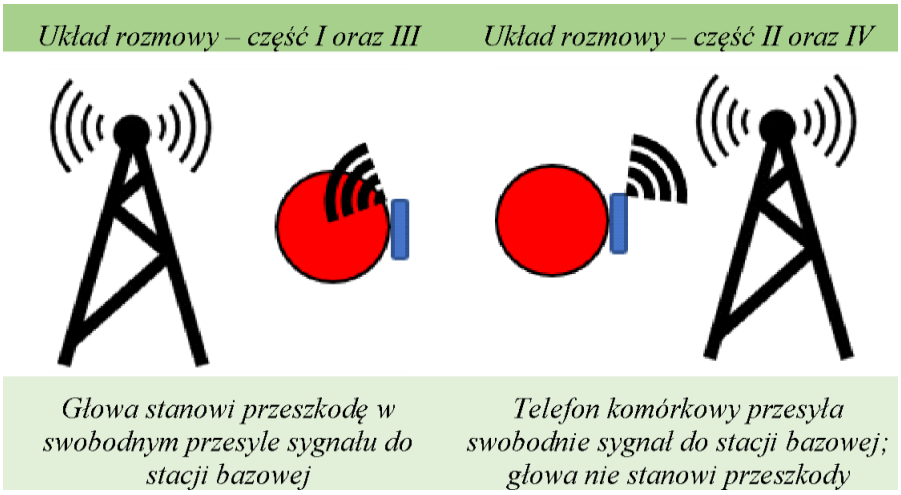
Tab. 1. Procedura badania pomiaru efektu termicznego przy pomocy kamery termograficznej FLIR E8 wpływu promieniowania elektromagnetycznego generowanego przez telefon komórkowy: OnePlus 7T, Nokia ASHA 302 – opracowanie własne

Procedura badania										
Część I - OnePlus 7T – głowa <u>stanowi</u> przeszkodę w transmisji sygnału										
Aklimatyzacja 15 min	**Etap I**		Pomiar i przerwa 5 min	**Etap II**		Pomiar i przerwa 5 min	**Etap III**		pomiar
	$Czas_{eksp.}$ min	1		$Czas_{eksp}$ min	5		$Czas_{eksp}$ min	10	
	Temp. °C	22 ± 1		Temp. °C	22 ± 1		Temp. °C	22 ± 1	
	Wilgotn. %	40		Wilgotn. %	40		Wilgotn. %	40	
PRZERWA 60 MIN										
Część II - OnePlus 7T – głowa <u>nie stanowi</u> przeszkody w transmisji sygnału										
Aklimatyzacja 15 min	**Etap I**		Pomiar i przerwa 5 min	**Etap II**		Pomiar i przerwa 5 min	**Etap III**		pomiar
	$Czas_{eksp.}$ min	1		$Czas_{eksp.}$ min	5		$Czas_{eksp}$ min	10	
	Temp. °C	22 ± 1		Temp. °C	22 ± 1		Temp. °C	22 ± 1	
	Wilgotn. %	40		Wilgotn. %	40		Wilgotn. %	40	
PRZERWA 60 MIN										
Część III – Nokia ASHA 302 - głowa <u>stanowi</u> przeszkodę w transmisji sygnału										
Aklimatyzacja 15 min	**Etap I**		Pomiar i przerwa 5 min	**Etap II**		Pomiar i przerwa 5 min	**Etap III**		pomiar
	$Czas_{eksp.}$ min	1		$Czas_{eksp}$ min	5		$Czas_{eksp}$ min	10	
	Temp. °C	22 ± 1		Temp. °C	22 ± 1		Temp. °C	22 ± 1	
	Wilgotn. %	40		Wilgotn. %	40		Wilgotn. %	40	
PRZERWA 60 MIN										
Część IV – Nokia ASHA 302 - głowa <u>nie stanowi</u> przeszkody w transmisji sygnału										
Aklimatyzacja 15 min	**Etap I**		Pomiar i przerwa 5 min	**Etap II**		Pomiar i przerwa 5 min	**Etap III**		pomiar
	$Czas_{eksp.}$ min	1		$Czas_{eksp.}$ min	5		$Czas_{eksp}$ min	10	
	Temp. °C	22 ± 1		Temp. °C	22 ± 1		Temp. °C	22 ± 1	
	Wilgotn. %	40		Wilgotn. %	40		Wilgotn. %	40	

W części III oraz IV został wykorzystany telefon fińskiej marki Nokia model ASHA 302 wyprodukowany w roku 2012. Telefon występuje w wersji europejskiej oraz pracuje w sieci PLAY. Pracuje z wykorzystaniem między innymi sieci 3G, jak i ze starszymi generacjami sieci telefonii komórkowej, w standardzie GSM 850/900/1800/1900. Odnośnie współczynnika

SAR, z racji tego że telefon nie należy do najnowszych producent podaje tylko jedną wartość wynoszącą 1,11 W/kg. [9]

Zgodnie z założeniem, że propagacja fal radiowych ulega tłumieniu w zależności od napotkanego ciała tłumiącego, badania zostały przeprowadzone w taki sposób aby zbadać zależność ułożenia telefonu i głowy rozmówcy względem lokalizacji stacji bazowej telefonii komórkowej (rys. 3).



Rys 3. Schematy prowadzenia rozmowy, gdy głowa stanowi przeszkodę w swobodnym przesyle sygnału oraz gdy sygnał ma możliwość swobodnej transmisji do stacji bazowej – opracowanie własne

WYBRANE WYNIKI BADAŃ

Obszary zakreślone ciągłą, ciemną linią (policzek, ucho, szyja, czoło) zostały dodatkowo opracowane w programie producenta wykorzystanej kamery FLIR E8 tj. FLIR Tools +, aby uzyskać rozkład temperatur całego badanego obszaru głowy, dzięki czemu zostały obliczone średnie temperatury całego obszaru badanego według wzoru (1).

$$V_{wt} = \frac{średnia\ temp.końcowa\ etapu - średnia\ temp.początkowa\ etapu}{czas\ trwania\ etapu}\ °C/s \quad (1)$$

Niepewność standardowa typu B obliczona została przy pomocy wzoru (2). Niepewność wzorcowania wynika z wykorzystania urządzeń pomiarowych, z racji tego że przyrządy te zawsze są obarczone niepewnością pomiarową. Oznacza to, iż wynik pomiaru wykonany przy pomocy konkretnego narzędzia, nie różni się od rzeczywistej wartości wielkości mierzonej więcej niż o jedną działkę elementarną. Działka elementarna z kolei to najmniejsza jednostka wskazująca najmniejszą wartość w przyrządach cyfrowych. W przypadku użytej kamery termograficznej FLIR E8, wartość opisanej niepewności wzorcowania wyniosła: 0,1 °C.

$$u(x) = \frac{\Delta_p x}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

gdzie: $\Delta_p x$ - niepewność wzorcowania.

$$u(x) = \frac{0{,}1}{\sqrt{3}} \cong 0{,}058\ °C$$

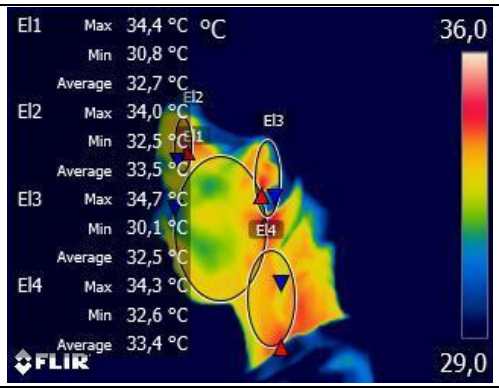
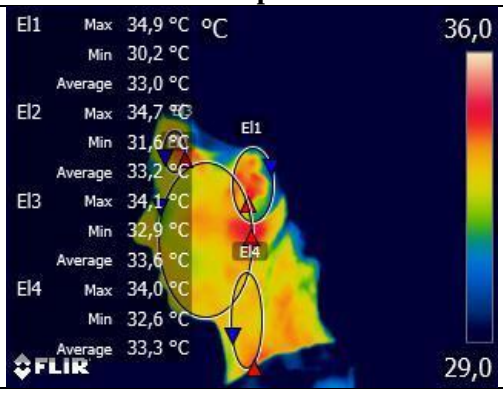
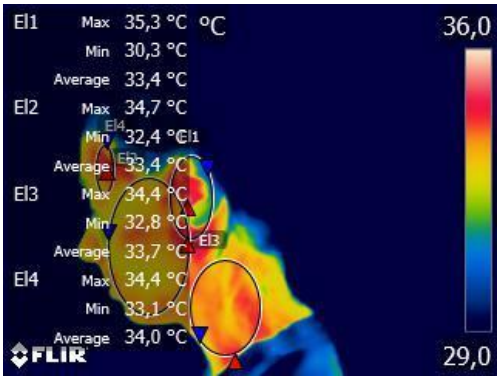
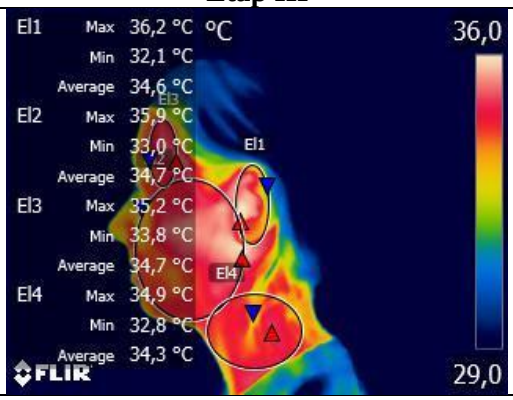
Obliczona standardowa niepewność pomiarowa typu B dla wykonywanych badań wyniosła 0,058 °C.

Zważając na fakt, że wyniki przeprowadzonych badań liczą wiele tabel i wykresów, w niemniejszym artykule zostaną przedstawione wyniki wyłącznie dla jednej osoby badanej tj. osoba 2 – kobieta lat 20.

Tab. 2. Wyniki pomiarów kamerą termograficzną; część I / 2 osoba – wyniki badań własnych

Część I - OnePlus 7T – głowa <u>nie stanowi</u> przeszkody w transmisji sygnału			
Emisyjność: 0,98		**Temp. odbita °C**: 22	
Przed rozpoczęciem badania			
Temperatura początkowa max. °C: **ucho** – 34,7; **polik** – 34,4; **czoło** – 34,0; **szyja** – 34,3 **Średnia temp. max. pełnego obszaru °C:** 34,4		**Temperatura początkowa min. °C:** **ucho** – 30,1; **polik** – 30,8; **czoło** – 32,5; **szyja** – 32,6 **Średnia temp. min. pełnego obszaru °C:** 31,5	
Temp. $_{max}$ °C	**Etap I**	**Etap II**	**Etap III**
ucho	34,9	35,3	36,2
polik	34,7	34,7	35,9
czoło	34,1	34,4	35,2
szyja	34,0	34,4	34,9
Średnia temp. max. °C	34,4	34,7	35,6
Temp. $_{min}$ °C	**Etap I**	**Etap II**	**Etap III**
ucho	30,2	30,3	32,1
polik	31,6	32,4	33,0
czoło	32,9	33,1	33,8
szyja	32,6	32,8	32,8
Średnia temp. min. °C	31,8	32,2	32,9
Średnia temp. każdego z obszarów (Average)		**Średnia temp. wstępna °C = 33,0**	

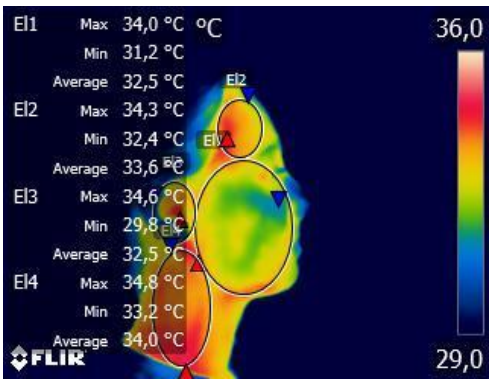
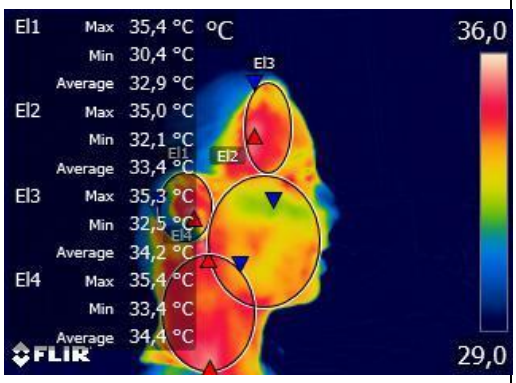
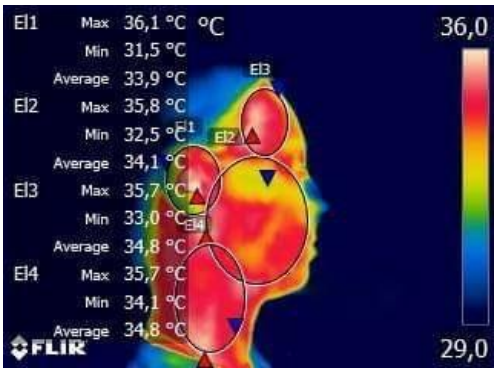
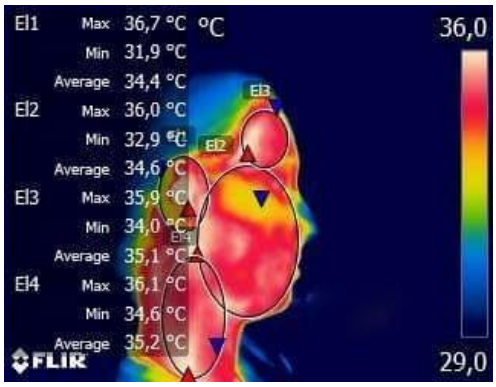
Tab. 3. Wyniki pomiarów kamerą termograficzną; część I / osoba 2 (c.d.) – wyniki badań własnych

Pomiary temperatury max. i min. w obszarach: ucho; polik; czoło; szyja	
Przed badaniem	**Etap I**
	
Etap II	**Etap III**
	

Tab 4. Wyniki pomiarów kamerą termograficzną; część II, osoba 2 – wyniki badań własnych

Część II – OnePlus 7T - głowa <u>stanowi</u> przeszkodę w transmisji sygnału			
Emisyjność: 0,98		**Temp. odbita °C**: 22	
Przed rozpoczęciem badania			
Temperatura początkowa max. °C: **ucho** – 34,6; **polik** – 34,0; **czoło** – 34,3; **szyja** – 34,8 **Średnia temp. max. pełnego obszaru °C:** 34,4		**Temperatura początkowa min. °C:** **ucho** – 29,8; **polik** – 31,2; **czoło** – 32,4; **szyja** – 33,2 **Średnia temp. min. pełnego obszaru °C:** 31,7	
Temp. $_{max}$ °C	**Etap I**	**Etap II**	**Etap III**
ucho	35,4	36,1	36,7
polik	35,0	35,8	36,0
czoło	35,3	35,7	35,9
szyja	35,4	35,7	36,1
Średnia temp. max. °C	35,3	35,8	36,2
Temp. $_{min}$ °C	**Etap I**	**Etap II**	**Etap III**
ucho	30,4	31,5	31,9
polik	32,1	32,5	32,9
czoło	30,4	33,0	34,0
szyja	33,4	34,1	34,6
Średnia temp. min. °C	31,6	32,8	33,4
Średnia temp. każdego z obszarów (Average)		**Średnia temp. wstępna °C = 33,2**	

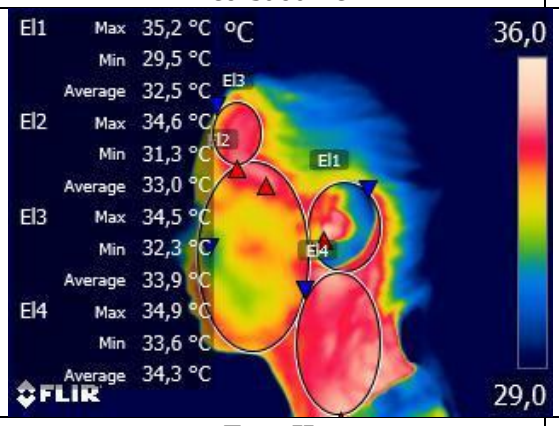
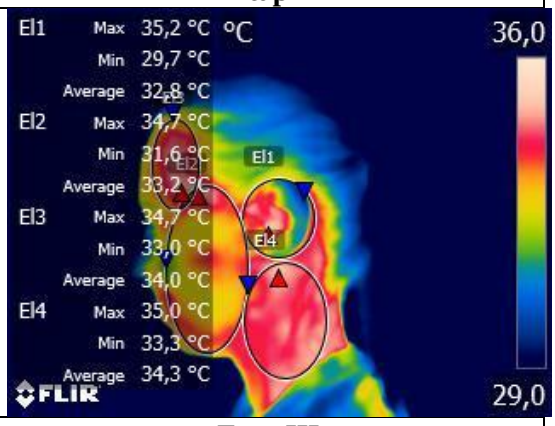
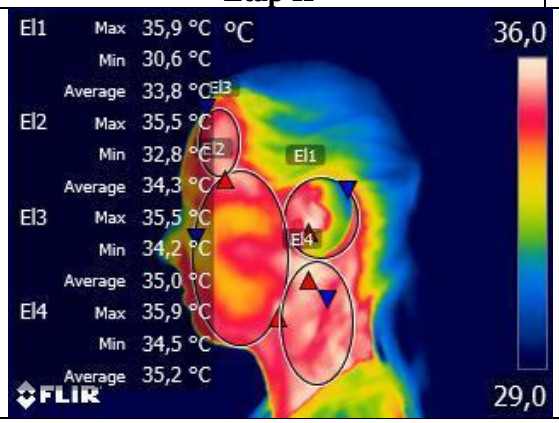
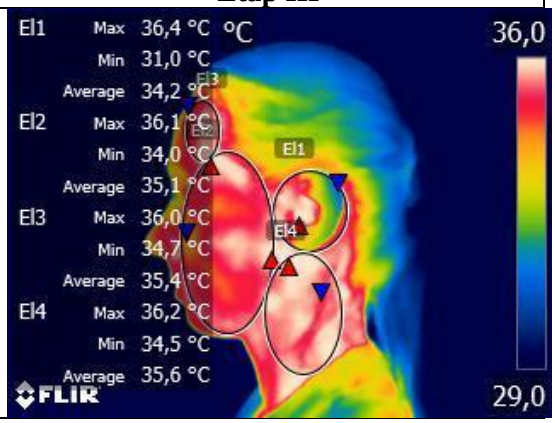
Tabela 5. Wyniki pomiarów kamerą termograficzną; część II / osoba 2 (c.d.) – wyniki badań własnych

Pomiary temperatury max. i min. w obszarach: ucho; polik; czoło; szyja	
Przed badaniem	**Etap I**
	
Etap II	**Etap III**
	

Tab 6. Wyniki pomiarów kamerą termograficzną; część III, osoba 2 – wyniki badań własnych

Część III – Nokia 302 - głowa <u>nie stanowi</u> przeszkody w transmisji sygnału			
Emisyjność: 0,98		**Temp. odbita °C**: 22	
Przed rozpoczęciem badania			
Temperatura początkowa max. °C: **ucho** – 35,2; **polik** – 34,6; **czoło** – 34,5; **szyja** – 34,9 **Średnia temp. max. pełnego obszaru °C:** 34,8		**Temperatura początkowa min. °C:** **ucho** – 29,5; **polik** –31,3; **czoło** – 32,3; **szyja** – 33,6 **Średnia temp. min. pełnego obszaru °C:** 31,7	
Temp. $_{max}$ °C	**Etap I**	**Etap II**	**Etap III**
ucho	35,2	35,9	36,4
polik	34,7	35,5	36,1
czoło	34,7	35,5	36,0
szyja	35,0	35,9	36,2
Średnia temp. max. °C	34,9	35,7	36,2
Temp. $_{min}$ °C	**Etap I**	**Etap II**	**Etap III**
ucho	29,7	30,6	31,0
polik	31,6	32,8	34,0
czoło	33,0	34,2	34,7
szyja	33,3	34,5	34,5
Średnia temp. min. °C	31,9	33,0	33,6
Średnia temp. każdego z obszarów (Average)		**Średnia temp wstępna °C = 33,4**	

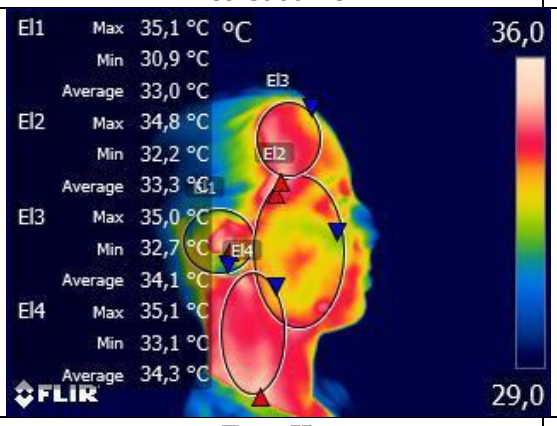
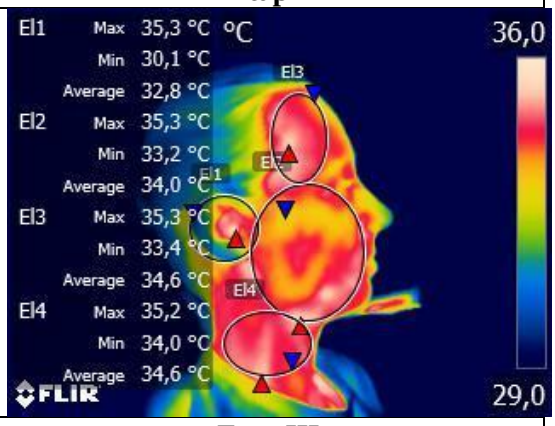
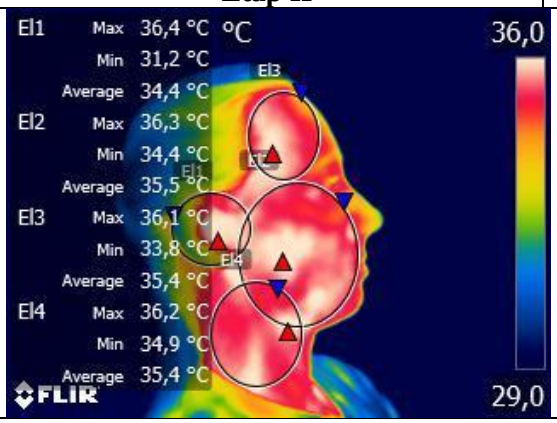
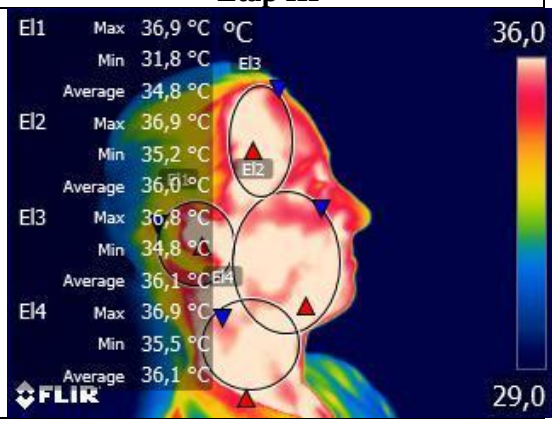
Tab 7. Wyniki pomiarów kamerą termograficzną; część III, osoba 2 (c.d.) – wyniki badań własnych

Pomiary temperatury max. i min. w obszarach: ucho; polik; czoło; szyja	
Przed badaniem	**Etap I**
	
Etap II	**Etap III**
	

Tab. 8. Wyniki pomiarów kamerą termograficzną; część IV, osoba 2 – wyniki badań własnych

Część IV – Nokia 302 - głowa <u>stanowi</u> przeszkodę w transmisji sygnału			
Emisyjność: 0,98		**Temp. odbita °C**: 22	
Przed rozpoczęciem badania			
Temperatura początkowa max. °C: **ucho** – 35,1; **polik** – 34,8; **czoło** – 35,0; **szyja** – 35,1 **Średnia temp. max. pełnego obszaru °C:** 35,0		**Temperatura początkowa min. °C:** **ucho** – 30,9; **polik** – 32,2; **czoło** – 32,7; **szyja** – 33,1 **Średnia temp. min. pełnego obszaru °C:** 32,2	
Temp. $_{max}$ °C	**Etap I**	**Etap II**	**Etap III**
ucho	35,3	36,4	36,9
polik	35,3	36,3	36,9
czoło	35,3	35,0	36,8
szyja	35,2	35,1	36,9
Średnia temp. max. °C	35,3	35,7	36,9
Temp. $_{min}$ °C	**Etap I**	**Etap II**	**Etap III**
ucho	30,1	31,2	31,8
polik	33,2	34,4	35,2
czoło	33,4	33,8	34,8
szyja	34,0	34,9	35,5
Średnia temp. min. °C	32,7	33,6	34,3
Średnia temp. każdego z obszarów (Average)		**Średnia temp wstępna °C = 33,7**	

Tab 9. Wyniki pomiarów kamerą termograficzną; część IV / osoba 2 (ciąg dalszy) – wyniki badań własnych

Pomiary temperatury max. i min. w obszarach: ucho; polik; czoło; szyja	
Przed badaniem	**Etap I**
	
Etap II	**Etap III**
	

Tab 10. Wyniki średniego tempa wzrostu wartości temperatury maksymalnej na podstawie wzoru (1) – wyniki badań własnych

Ucho	$V_{wt1} = 0{,}0050\ °C/s$; $V_{wt2} = 0{,}0024\ °C/s$; $V_{wt3} = 0{,}0010\ °C/s$; $Średnie\ V_{wt} \cong 0{,}002\ °C/s$.
Policzek	$V_{wt1} = 0{,}0079\ °C/s$; $V_{wt2} = 0{,}0022\ °C/s$; $V_{wt3} = 0{,}0011\ °C/s$; $Średnie\ V_{wt} \cong 0{,}0037\ °C/s$.
Czoło	$V_{wt1} = 0{,}0067\ °C/s$; $V_{wt2} = 0{,}0010\ °C/s$; $V_{wt3} = 0{,}0014\ °C/s$; $Średnie\ V_{wt} \cong 0{,}0030\ °C/s$.
Szyja	$V_{wt1} = 0{,}0021\ °C/s$; $V_{wt2} = 0{,}0013\ °C/s$; $V_{wt3} = 0{,}0013\ °C/s$; $Średnie\ V_{wt} \cong 0{,}0017\ °C/s$.

Tab 11. Różnice średnich wartości temperatur wszystkich obszarów; osoba 2 – wyniki badań własnych

	ETAPY BADANIA	GŁOWA NIE JEST PRZESZKODĄ	GŁOWA JEST PRZESZKODĄ	RÓŻNICA
		średnia temperatura wszystkich obszarów °C		|°C|
OnePlus 7T	Przed badaniem	33,0	33,2	0,2
	I	33,3	33,7	0,4
	II	33,6	34,4	0,8
	III	34,6	34,8	0,2
Nokia As\] 302	Przed badaniem	33,4	33,7	0,3
	I	33,6	34,0	0,4
	II	34,6	35,2	0,6
	III	35,1	35,8	0,7
			średnia różnica temp. °C	**0,45**

WNIOSKI

Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują na występowanie efektu termicznego (nagrzewania się) w obszarze głowy podczas rozmowy telefonicznej. Jednak analizując przedstawione wyniki i wyodrębniając z nich te najistotniejsze, w kontekście rozważanego efektu, można zauważyć istotny wpływ kilku czynników. Podstawowymi parametrami, które źle dobrane miałyby znaczący wpływ na wynik końcowy, są przede wszystkim ustawienia parametrów kamery termograficznej. Najistotniejsze z nich, dla zachowania poprawności opisanych badań, to: emisyjność, temperatura odbita, odległość, wilgotność względna oraz temperatura otoczenia.

Biorąc pod uwagę wartości średnich temperatur maksymalnych zależnych od czasu trwania rozmowy telefonicznej i odnoszących się do średniej temperatury wstępnej całkowitej, zauważyć można, że wraz z upływem czasu trwania rozmowy, średnia temperatura maksymalna w każdej z części badania wykazuje tendencję wzrostową. A więc wnioskować można, że efekt termiczny związany z używaniem telefonu komórkowego jest wprost proporcjonalny do czasu jego używania. Przechodząc charakterystyki wartości temperatur poszczególnych obszarów głowy (ucho, policzek, czoło, szyja) należy stwierdzić, na podstawie umieszczonych w niniejszym artykule wyników w postaci termogramów wraz z wartościami temperatur, że obszarami o najwyższym stopniu wzrostu temperatury są ucho i policzek. Taki stan rzeczy najpewniej wynika, z efektu samego przykładania telefonu do twarzy, ponieważ to właśnie te obszary mają bezpośredni kontakt z urządzeniem mobilnym. Jednak nie neguje to występowania samego wpływu korzystania z sieci telefonii komórkowej, ponieważ inne badane obszary jak szyja czy czoło również wykazywały podniesioną temperaturę. Warto dodać, że tempo wzrostu temperatury jest najwyższe na etapie I, natomiast wraz z upływem czasu trwania rozmowy spada. Powodem jest na pewno fakt, że moc sygnału generowana na początku połączenia jest na wysokim poziomie i dopiero po pewnym czasie poziom ten się zmniejsza do minimalnej wartości umożliwiającej transmisje na odpowiednim poziomie jakości.

Odnośnie ułożenia głowy i telefonu w stosunku do stacji bazowej, wyniki wskazują, że ułożenie relacji: telefon – głowa - stacja bazowa, ma znaczący wpływ na szybkość i zakres zwiększania się temperatury badanych obszarów. Mianowicie, w ułożeniu, w którym głowa „stała na drodze sygnału", (była między telefonem a stacją bazową), temperatura rosła szybciej i w większym zakresie. Najprawdopodobniej jest to wynikiem faktu, że w zależności od ułożenia głowy i telefonu względem stacji, sygnał może być tłumiony przez głowę, co skutkuje zwiększeniem mocy sygnału w celu utrzymania rozmowy na zadowalającym poziomie jakości.

PODSUMOWANIE

Badania przeprowadzone i opisane w niniejszym artykule pozwoliły potwierdzić termiczny efekt korzystania z sieci telefonii komórkowej. Warto podkreślić, że zbadany wzrost wartości temperatury objawia się w wyniku pochłaniania mocy promieniowania elektromagnetycznego jak i również kontaktowego przenoszenia ciepła z telefonu komórkowego do powierzchni skóry, przez co aby osiągnąć wyniki z wyodrębnieniem samego oddziaływania promieniowanie elektromagnetycznego należałoby zbadań wartości temperatury wszystkich części urządzenia które się nagrzewają, między innymi baterii aby finalnie wykluczyć ich udział w efekcie termicznym.

Zebrane dane mimo iż potwierdzają występowanie efektu termicznego, wskazują również, na jego stosunkowo niewielki wpływ na organizm człowieka. Zmiana temperatury głowy o średnio niecałe 3°C nie powinna mieć istotnego wpływu na zdrowie i bezpieczeństwo osoby korzystającej z telefonu. Jednak, częste i długotrwałe podnoszenie temperatury w obszarze głowy może zaburzać homeostazę, a w dalszej kolejności wpływać bezpośrednio na zdrowie. Podniesienie temperatury o około 3°C od temperatury normalnej dla człowieka (36,6°C) może prowadzić do lokalnej gorączki. Miejscowo występująca podwyższona temperatura może powodować, gromadzenie wody, a więc również zatrzymanie soli w organizmie, a także obniżenie wydajności procesów chemicznych zachodzących w mózgu i tkankach podskórnych głowy. Taki przebieg zmian dla organizmu, choć bardzo niekorzystny jest jednak bardzo mało prawdopodobny, ponieważ efekt termiczny badanego zjawiska jest zbyt powierzchowny, aby do takich skutków doprowadzić.

Podsumowując, warto przestrzegać zasad dobrej higieny obsługi telefonu komórkowego i zwracać między innymi uwagę na jakość sygnału lub to czy jesteśmy w stałej lokalizacji względem stacji czy zmieniamy swoje położenie.

Literatura

1. Kim JH, Lee J-K, Kim H-G, Kim K-B, Kim1 HR. Possible Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure on Central Nerve System. Biomol Ther (Seoul). 2019;27(3):265–75.
2. Siemiński M. Fizyka zagrożeń środowiska. 1. wyd. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN; 1994. 121–138 s.
3. What happens when you are exposed to electromagnetic fields [Internet]. WHO. 2016. Dostępny pod adresem: https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/radiation-electromagnetic-fields [Dostęp: 29 marzec 2022]
4. Przytulski A. Efekty termiczne w ciele człowieka wywołane szybkozmiennym polem elektromagnetycznym. Pomiary Autom Robot. 2010;145–9.
5. Danek J, Flosadottir S. Effects of physical exercise in winter training conditions on the thermographic temperature distribution of the horse rider's skin. Acta Bioeng Biomech. 2018;20(3):133–7.
6. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. Infrared Phys Technol. 07.2012;55(4):221–35.
7. Gratt B, Anbar M. Thermology and facial telethermography: Part II. Current and future clinical applications in dentistry. Dentomaxillofac Radiol. 1998;27(2):68–74.
8. Łączność OnePlus 7T [Internet]. OnePlus. 2019. Dostępny pod adresem: https://www.oneplus.com/pl/7t/specs [Dostęp: 29 marzec 2022]
9. Nokia ASHA 302 [Internet]. mgsm. 2012. Dostępny pod adresem: https://www.mgsm.pl/pl/katalog/nokia/asha302/ [Dostęp: 29 marzec 2022]

SOWIECKIE SYSTEMY KIEROWANIA WOJSKAMI W OKRESIE UKŁADU WARSZAWSKIEGO: *ПОЛЕВАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВОЕННОГО - ПАСУВ* . WYBRANE ZAGADNIENIA

Rybak R.
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Polska

Streszczenie. Siły zbrojne działają w określonym systemie funkcjonalnym, którego zadaniem jest możliwie najefektywniejsze wykorzystanie posiadanych zasobów w celu osiągnięcia założonych celów. Zasadniczym elementem sprawności działania wojsk jest sposób ich zarządzania rozwijany właściwie do możliwości intelektualnych i technicznych jego twórców oraz prowadzona w tym celu współpraca z różnymi podmiotami. Jednym z przykładów zarządzania wojskami na polu walki są sowieckie zautomatyzowane systemy dowodzenia, do których włączone były kraje członkowskie układu warszawskiego. Działały one zgodnie z określonym schematem i dotyczyły wybranego teatru działań wojennych czerpiąc jednocześnie informacje z systemów podwykonawczych. Całość tworzyła zwartą strukturę powiązaną korelacjami warunkującymi jej sprawność działania. W układzie warszawskim najbardziej rozwiniętymi zakresowo systemami były sowieckie, stosowane międzysojuszniczo, systemy zarządzania wojskami pod nazwami: *Полевая Автоматизированная Система Управления Военного* (polowy zautomatyzowany system dowodzenia wojskami) i *Автоматизированная Система Управления Флотом* (*zautomatyzowany system dowodzenia flotą*) . Oba powyższe powstały wg koncepcji radzieckiego sztabu generalnego i w kooperacji technicznej z innymi krajami członkowskimi układu w ramach specjalnie powołanej w tym celu organizacji zautomatyzowanych systemów zarządzania INTER-ASU. Podjęte prace trwały blisko 20 lat i ze względu na ich specyfikę bez wątpienia doczekały się kolejnych wersji prawdopodobnie działających współcześnie w rosyjskiej armii.
Słowa kluczowe: systemy kierowania wojskami, układ warszawski

Wprowadzenie

Podstawową formą działalności sił zbrojnych jest współdziałanie prowadzone zarówno w ramach narodowych sił zbrojnych, jak i partnerstwa sojuszniczego. Jego charakter i zasięg warunkują ograniczenia zawarte w regulacjach określających rozpiętość prowadzonych działań, wynikających z zadań nałożonych na wojska i determinowane przez przyjętą strategię oraz wykonywanych za pomocą systemów kierowania i dowodzenia[1]. Wspomniane systemy umożliwiają skoordynowane użycie wojsk z zachowaniem optymalizacji procesów i osiągnięcia zakładanej efektywności. Powyższe stanowiło jeden z głównych kierunków rozwoju armii radzieckiej w okresie istnienia układu warszawskiego. Podjęte i prowadzone przez cały okres zimnej wojny prace w tym zakresie pozwoliły na opracowanie wielu systemów kierowania i dowodzenia, przy czym najbardziej zaawansowanym pod względem architektury i złożoności był system *Manewr*. To na doświadczeniach z jego budowy i w oparciu o jego elementy powstał system ***ПАСУВ.***

Poruszana w materiale tematyka dotyczy specyficznej działalności w zakresie dowodzenia wojskami i stanowi obecnie część badań prowadzonych przez autora w oparciu o źródła krajowe i zagraniczne, i których wyniki były już częściowo przedstawione w innych jego publikacjach[2].

[1] System kierowania jest to uporządkowana całość obejmująca system dowodzenia i system zarządzania w skali całych sił zbrojnych,

[2] Na przykład: R. Rybak, *Sztuka operacyjna marynarki wojennej. Morskie operacje desantowe na kierunku jutlandzkim w okresie istnienia Układu Warszawskiego,* Toruń 2022.

Zautomatyzowane systemy dowodzenia

Zautomatyzowane systemy dowodzenia służą do realizacji zadań usprawniających kierowanie wojskami, których działanie oparte jest na wykonywaniu uporządkowanych czynności, zgodnie z zasadami sztuki wojennej. System dowodzenia jest to złożona całość składająca się z organów i środków dowodzenia sprzężonych ze sobą informacyjnie i zapewniająca podejmowanie stosownych decyzji na wszystkich szczeblach organizacyjnych sił zbrojnych oraz ich sprawną, terminową i bezwzględną realizację[3].

Prace prowadzone na rzecz powstania systemu П А С У В (*Полевая Автоматизированная Система Управления Военного)* były osadzone na gruncie wyścigu zbrojeń zainicjowanego po zakończeniu II WŚ między USA i ZSRR. Rozwijane dynamicznie w tym czasie technologie wojskowe i związana z tym ewolucja myśli wojskowej obu państw spowodowała konieczność sprawniejszego kierowania wojskami funkcjonującymi w dwóch przeciwstawnych organizacjach polityczno-wojskowych. I choć pozornie były one bardzo do siebie podobne to jednak funkcjonowały całkowicie odmiennie[4]. Zasadnicza różnica polegała na tym, że w układzie warszawskim decydującą rolę odgrywał Sztab Generalny Sił Zbrojnych ZSRR. To on przygotowywał koncepcje organizacji zjednoczonych sił zbrojnych układu warszawskiego, sposób i zasady ich działania na wypadek konfliktu zbrojnego. Wojska narodowe stanowiące jego składniki były elementami wykonawczymi jednolitego planu strategicznego dowództwa układu warszawskiego. Stąd też było możliwe opracowanie jednego systemu dowodzenia dla zjednoczonych sił zbrojnych. W przypadku członków NATO pełna autonomiczność wojskowa każdego z członków, będąca jednocześnie podstawą działalności organizacji na rzecz bezpieczeństwa i pokoju z pewnością byłaby istotną przeszkodą od opracowania tego rodzaju systemu. Odmienność obu organizacji polityczno-wojskowych powodowała, że jedynym ich podobieństwem było podejmowanie działań zniechęcających przeciwnika do pełnoskalowego konfliktu zbrojnego.

Początkowo w ZSRR prowadzono prace ukierunkowane na opracowanie takich systemów kierowania, jak: zautomatyzowany system kierowania walką Strategicznych Sił Rakietowych (автоматизированная система боевого управления - АСБУ, ракетных войск стратегического назначения - РВСН, ОКБ *Импульс*, w Leningradzie), system ostrzegania przed atakiem rakietowym (система предупреждения о ракетном нападении - СПРН, РТИ АН СССР), kompleks urządzeń automatyki (комплекс средств автоматизации - КСА) wojsk obrony powietrznej kraju (*Алмаз-2* z instytutu badawczego - НИИ Восход, w Moskwie), zautomatyzowany system kierowania Sił Powietrznych (автоматизированная система управления военно-воздушных сил - АСУ ВВС *Воздух-1М,* ОКБ-864 Минского электромеханического завода, w Mińsku), zautomatyzowany system kierowania systemami rakietowymi (АСУ ракетными комплексами АСУРК-1, КБ Загорского электромеханического завода)[5].

Prace nad zintegrowanymi systemami kierowania podjęto w 1964 roku po wydaniu przez Komitet Centralny Komunistycznej Partii Związku Radzieckiego i Radę ministrów ZSRR dekretu regulującego rozwój zautomatyzowanych systemów sterowania przez wojska frontowe. Rok później w Instytucie Badań Naukowych Automatyki zakończono prace nad wstępnym projektem programu do stworzenia systemu[6]. Podjęto prace badawcze nad opracowaniem zautomatyzowanego systemu kontroli sił zbrojnych ZSRR (Автоматизированная Система Управления Вооруженных Сил - АСУ ВС СССР, system

[3] Leksykon wiedzy wojskowej, Warszawa 1979.
[4] Szerzej czytaj: R. Kupiecki, *Siła i solidarność. Strategia NATO 1949-1989,* Warszawa 2009.
[5] https://topwar.ru/19414-manevr-pervaya-sovetskaya-asuv-polya-boya.html, [dostęp: 23.05.2024]. szerzej czytaj: https://www.bogorodsk-noginsk.ru/articles/5.1-k-istorii-nauchnoj-shkoly-avtomatizirovannyx-sistem-upravleniya-vvs.html, [dostęp: 24.05.2024].
[6] Idem.

Центр) oraz związanego z nim systemu wymiany danych (системы обмена данными - СОД), a także tzw. walizka „nuklearna" lub „prezydencka" (system *Чегет* w zestawie АСУ *Казбек*), jak również podjęto prace nad stworzeniem zautomatyzowanego systemu kierowania frontem *Manewr*[7]. Według rosyjskich źródeł był to zintegrowany system kierowania różnymi rodzajami wojsk, na różnym szczeblu funkcjonujący w ramach jednego systemu przepływu informacji, którego niektóre elementy składowe powstawały niezależnie.

Według źródeł rosyjskich przez zautomatyzowany system kierowania wojskami *Manewr* rozumiano:

АСУВ фронта «Маневр» сразу создавалась как единая интегрированная автоматизированная система управления общевойскового (танкового) объединения (соединения), включающая в своем составе подсистемы управления родами сухопутных войск, АСУ фронтовой авиации и войсковой ПВО, АСУ тыла, объединенных единой системой связи и передачи данных. Надо заметить, что АСУ фронтовой авиации функционально входила в АСУ «Маневр», но разрабатывалась как самостоятельная АСУ по отдельному заданию и носила название «Эталон»[8].

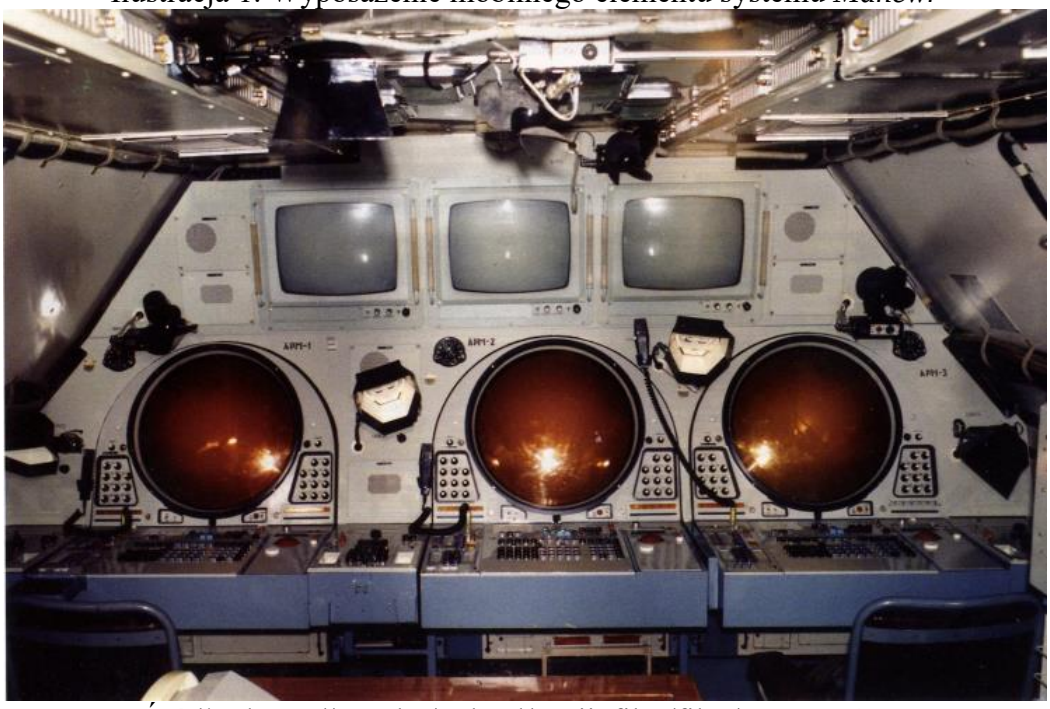
Według źródeł polskich, była to:

[…] *wielopoziomowa, hierarchiczna struktura organów dowodzenia wojskami i jego uzbrojeniem. Tworzyć ją miały organy dywizyjne, pułkowe i batalionowe, dysponujące odpowiednimi podsystemami i środkami dowodzenia różnymi rodzajami wojsk i służb. W skład kompleksu miały wchodzić: podsystem dowództwa i sztabu, podsystem dowodzenia rozpoznaniem, podsystem dowodzenia wojskami rakietowymi i artylerią, obroną przeciwlotniczą, lotnictwem taktycznym oraz wojskami chemicznymi*[9].

Pod względem sprzętowym i logicznym system opierał się na zaawansowanych rozwiązaniach technologicznych i technicznych oraz był obsługiwany za pomocą specjalnie stworzonego oprogramowania umożliwiającego jego pracę z zachowaniem możliwie wysokiej wydajności sprzętowej. Podstawowymi elementami systemu były, m.in.: elektroniczne maszyny cyfrowe; bazy danych; nosiciele systemu tj.: pojazdy dowodzenia i sztabu; urządzenia, takie jak: wskaźniki wizyjne, maszyny rysunkowe i graficzne, urządzenia do odczytu współrzędnych, tablety elektrooptyczne, konsole do wpisywania sformalizowanych kodogramów, różne klawiatury i tablice wyświetlające do wyświetlania informacji; urządzenia transmisji danych w różnych skalach czasowych i informacje pozyskiwane w ramach komunikacji z urządzeniami peryferyjnymi; urządzenia przełączające i łączności operacyjnej; oprogramowanie systemów operacyjnych; elementy zarządzania bazami danych; elementy pozyskiwania danych z przestrzeni powietrznej itp.[10]. Podstawą funkcjonalną systemu była poprawa kierowania wojskami poprzez obieg i przetwarzanie informacji w czasie rzeczywistym. Był to system wymiany danych o dużej przepustowości i zaawansowanej architekturze ich obróbki. System *Manewr* łączył w sobie podstawowe narzędzia technologiczne i programowe w całość, skonfigurowane optymalnie do efektywnego wykorzystania informacji przez użytkowników w określony sposób w czasie rzeczywistym[11]. To właśnie do przepustowości kanałów informacyjnych i obiegu danych było najwięcej zastrzeżeń podczas prowadzonego szkolenia operacyjnego wojsk układu warszawskiego[12].

[7] Idem. Szerzej czytaj: «*Маневр*» - *первая советская АСУВ поля боя*, https://agat.by/upload/statii_files/files /Manevr%20-%20pervaja%20sovetskaja%20ASUV% 20polya%20boya.pdf, [dostęp: 23.05.2024].
[8] «*Маневр*» - *первая советская АСУВ поля боя*, https://agat.by/upload/statii_files/files /Manevr%20-%20pervaja%20sovetskaja%20ASUV% 20polya%20boya.pdf, [dostęp: 23.05.2024].
[9] http://opisybroni.pl/kompleks-manewr/, [dostęp: 24.05.2024].
[10] https://topwar.ru/19414-manevr-pervaya-sovetskaya-asuv-polya-boya.html, [dostęp: 23.05.2024].
[11] Idem. Szczegółowy opis systemu znajduje się w: *Opisy Broni. Encyklopedia uzbrojenia i wyposażenia wojsk*, Źródło: http://opisybroni.pl/kompleks-manewr/, [dostęp: 24.05.2024].
[12] Szerzej czytaj: R. Rybak, *Sztuka operacyjna marynarki wojennej. Analiza wybranych aspektów szkolenia operacyjnego w latach 1955-1990. W świetle dokumentów,* Toruń 2021.

Ilustracja 1. Wyposażenie mobilnego elementu systemu *Manewr*



Źródło: https://agat.by/upload/statii_files/files/Manevr%20-%20pervaja%20sovetskaja%20ASUV%20polya%20boya.pdf, [dostęp:24.05.2024].

Według źródeł rosyjskich przy pracach nad systemem *Manewr* brało udział ponad 500 różnego rodzaju podmiotów ze Związku Radzieckiego i krajów kooperujących z układu warszawskiego. W ramach projektu uruchomiono produkcję na skalę przemysłową kompleksów i systemów na poziomie taktycznym oraz systemów rakietowych i artylerii[13]. W ramach projektu poddano automatyzacji stanowiska dowodzenia wszystkimi rodzajami broni, w tym siłami rakietowymi i artylerią, logistyką, obroną powietrzną i siłami powietrznymi[14]. W armii radzieckiej była to swoista rewolucja w sposobie myślenia o rozwoju wojsk i ich wykorzystaniu w walce. Rewolucja, której podstawą była tzw. *Doktryna Ogarkowa*, której nazwa pochodziła od jej autora Nikołaja Wasiljewicza Ogarkowa uważanego za „ojca rewolucji w sprawach wojskowych”[15]. Doprowadził on do powstania systemu *Manewr* oraz

[13] Idem.

[14] ВОСПОМИНАНИЯ РАЗРАБОТЧИКА АСУВ ФРОНТА «МАНЕВР» И ПАСС «РЕДУТ-2». ЧАСТЬ 1, http://otvaga2004.ru/kaleydoskop/kaleydoskop-c4/asuv-manevr-i-pass-redut-2_1/, [dostęp: 23.05.2024]; https://fishki.net/2235499-nikolaj-ogarkov-zabytyj-genij-vojny.html, [dostęp: 24.05.2024].

[15] „Jednym z fundamentów „Doktryny Ogarkowa” była idea równoległego, zrównoważonego rozwoju sił nuklearnych i konwencjonalnych. Arsenały rakiet nuklearnych miały ogromne znaczenie dla obronności kraju, ale w wielu sytuacjach potrzebne były rozwinięte i nowoczesne konwencjonalne środki walki. Zakładano, że nowoczesna armia będzie w stanie stworzyć warunki do zakończenia konfliktu, zanim przejdzie on na pełną skalę użycia broni nuklearnej. Jednym z głównych kierunków doskonalenia wojsk był rozwój sprzętu łączności [w tym rozpoznania-R.R.] i kontroli. W latach siedemdziesiątych przemysł stworzył i wdrożył system dowodzenia i kierowania walką (командная система боевого управления (КСБУ)) na poziomie strategicznym oraz zautomatyzowany system kierowania wojskami (автоматизированная система управления войсками (АСУВ)) pod kryptonimem „Manewr”. Stworzono również różne powiązane ze sobą środki komunikacji i sterowania, które pozwoliły przyspieszyć i uprościć transmisję danych i poleceń (rozkazów) […] „Doktryna Ogarkowa” przewidywała utworzenie nowych jednostek i dywizji. W konflikcie niejądrowym nie wszystkie misje bojowe można wykonać przy użyciu istniejących formacji. W rezultacie potrzebne były mniejsze jednostki z lepszym wyposażeniem i dużą mobilnością. Idee te zostały zrealizowane poprzez tworzenie jednostek sił specjalnych w szeregu rodzajów sił zbrojnych. […] rozpoczął się także rozwój całkowicie nowych dziedzin, takich jak broń precyzyjna. Za pomocą takich rozwiązań możliwe było wdrożenie koncepcji niejądrowego odstraszania strategicznego”, Źródło: https://topwar.ru/165683-doktrina-ogarkova-v-proshlom-i-nastojaschem.html, [dostęp:

opracowanego na potrzeby dowodzenia wojskami UW systemu ***ЕПАСУВ*** (единая полевая автоматизированная система управления войсками), znany w polskich archiwalnych dokumentach wojskowych pod nazwą określoną akronimem PASUW (ПАСУВ).

Ilustracja 2. Nikołaj Wasiljewicz Ogarkow twórca systemu kierowania wojsk frontu



Źródło:https://topwar.ru/165683-doktrina-ogarkova-v-proshlom-i-nastojaschem.html,[dostęp: 24.05.2024].

Należy podkreślić, że w oparciu o zastosowane w systemie *Manewr* rozwiązania techniczne zostały zrealizowane dwa inne ważne projekty, tj. utworzenie zintegrowanego zautomatyzowanego systemu kierowania dla sił powietrznych i obrony powietrznej Grupy Wojsk Radzieckich w Niemczech oraz ujednolicony polowy zautomatyzowany system kontroli dla wojsk układu warszawskiego – ***ЕПАСУВ (единая полевая автоматизированная система управления войсками)*** określany również, jako – ***ПАСУВ (полевая автоматизированная система управления войсками)***. Jego wprowadzenie miało spowodować duży skok jakościowy w dowodzeniu wojskami i środkami, zwłaszcza w zakresie operatywności, skrytości i niezawodności procesu kierowania wojskami układu warszawskiego. Miało również doprowadzić do wzrostu rangi i znaczenia sztabów ogólnowojskowych w dowodzeniu wojskami. Według polskich źródeł archiwalnych wprowadzone usprawnienie w kierowaniu wojskami miało znaleźć odzwierciedlenie w regulaminach walki i służby polowej. Prace nad systemem rozpoczęto na poziomie taktycznym, a następnie w latach 80. XX wieku na szczeblu operacyjnym. System szczebla taktycznego zapewniał w znacznym stopniu osiągnięcie podstawowego celu automatyzacji procesów kierowania wojskami, którymi było zmniejszenie dysproporcji między dużą ruchliwością wojsk na polu walki, wzrastającą siłą i manewrowością ognia a powolnością reagowania sztabów na dynamiczne zmiany zachodzące podczas działań bojowych. Na szczeblu

24.05.2024]. Należy podkreślić, że za czasów Ogarkowa po raz pierwszy w wojskach radzieckich zaczęto wprowadzać mobilne sieci komputerowe i rozproszone bazy danych, a także stworzono i uruchomiono szereg innowacyjnego sprzętu elektronicznego do transmisji danych w czasie rzeczywistym. Podjęte działania pozwoliły na rozpoczęcie prac nad koordynacją i realizacją programu INTERASU, do którego przystąpiły państwa członkowskie Układu Warszawskiego. W ramach tego programu stworzono jednolity polowy zautomatyzowany system kierowania wojskami (EPASUV), zintegrowany z armiami państw sojuszniczych ZSRR: NRD, Polski, Węgier, Bułgarii, Czechosłowacji, Źródło: https://ruskline.ru/opp/2017/noyabr/01/pamyati_marshala_sovetskogo _soyuza_nv_ogarkova/, [dostęp: 24.05.2024]. Polska przystąpiła do programu na podstawie uchwały 96/79 rady Ministrów z dnia 29 czerwca 1979 roku w sprawie udziału Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej w produkcji polowego zautomatyzowanego systemu dowodzenia wojskami „PASUW”, Źródło: Instytut Pamięci Narodowej Biuro Udostępniania 02958/123; Czytaj również: https://vk.com/@cmmcenter-doktrina-ogarkova-v-proshlom-i-nastoyaschem, [dostęp:25.05.2024].

operacyjnym system miał realizować zadania związane ze zbieraniem, przetwarzaniem i wydawaniem informacji o wojskach własnych i przeciwnika, wykonywać pracochłonne kalkulacje i zabezpieczać przesyłanie rozkazów, komend i sygnałów powiadamiania, ograniczając znacząco czas niezbędny do ich wykonania. W tradycyjnym systemie dowodzenia działania te wykonywane przez żołnierzy zajmowały 50-60% ogólnego czasu wszystkich podejmowanych działań, w tym pracy twórczej, analiz, planowania, organizacji i kontroli wykonania postawionych zadań. Szczególnie użyteczny okazał się system tyłowy (pk. *Ławanda*), którego środki zapewniały dobrą organizację pracy i podniesienie efektywności kierowania tyłami od najwyższego do najniższego ich ogniwa. W PASUW podobnie jak w systemie *Manewr* zastosowano najnowocześniejsze środki łączności, transmisji danych i aparatury utajnionej. W ramach PASUW zrealizowano międzynarodowe zadanie naukowo-badawcze pt. *Opracowanie operacyjno-taktycznych i wojskowo-technicznych zagadnień budowy i działania polowego zautomatyzowanego systemu dowodzenia wojskami państw Układu Warszawskiego kryptonim Monolit,* kierowane przez SG SZ ZSRR. Podejmowano również inicjatywy badawcze mające na celu określenie skrytego wykorzystania systemu w czasie pokoju[16].Dodatkowym atutem było zdalne kierowanie wojskami, tj. z dowolnego miejsca na obszarze któregokolwiek z krajów członkowskich UW. Istotną zaletą była również obsługa systemu, którą mógł prowadzić żołnierz nie będący informatykiem. Zadanie funkcjonalne podlegające automatyzacji we wzorcu podstawowym dla związku taktycznego w systemie PASUW, opracowane na początku lat 80. XX wieku, wyodrębniało w nim dwa zasadnicze człony. Pierwszym z nich było dowództwo i sztab odpowiedzialne za ocenę sytuacji i określenie zamiaru przeciwnika, określenie zamiaru walki i podjęcie decyzji oraz stawianie zadań bojowych wojskom, przekazywanie rozkazów (zarządzeń i meldunków), kontrola wykonania zadań bojowych. Drugim były elektroniczne maszyny cyfrowe (EMC) (były to automatyczne układy logiczne oparte początkowo na urządzeniach Mińsk 32 i Beta 3M – R.R.) odpowiadające za: zbieranie, obróbkę, dokumentowanie i zobrazowanie (nanoszenie na mapy) danych o charakterze działań oraz położenie wojsk własnych i nieprzyjaciela; zbieranie, obróbka i zobrazowanie danych o sytuacji powietrznej; przekazywanie danych o nieprzyjacielu i wojskach własnych do przełożonych, podległych i współdziałających stanowisk dowodzenia; zbieranie, obróbka, dokumentowanie i przekazywanie danych o uderzeniach jądrowych, prognozowanej i rozpoznanej sytuacji radiacyjnej oraz dawkach napromieniowania; przeprowadzenie obliczeń taktyczno-operacyjnych; nadawanie i odbiór do/z podległych SD rozkazów i meldunków oraz sygnałów dowodzenia i powiadamiania; przetwarzanie obliczeń dotyczących planowania ognia artylerii i uderzeń rakietowych, formowania i nadawanie rozkazów bojowych; porównanie i przekazywanie danych o potrzebach wsparcia lotniczego; przyjmowanie danych dla podjęcia decyzji na odparcie nalotów lotniczych nieprzyjaciela; formowanie i przekazywanie rozkazów bojowych[17].

Równolegle do prac nad PASUW trwały czynności nad zautomatyzowanym systemem kierowania flotą/siłami morskimi – АСУФ (автоматизированная система управления силами флота), który był przeznaczony dla sił morskich zjednoczonych sił zbrojnych układu warszawskiego, tj. Zjednoczonej Floty Bałtyckiej i Zjednoczonej Eskadry Okrętów[18].

[16] Instytut Pamięci Narodowej biuro Udostępniania (IPN BU) 02958/125, IPN BU 02958/125; R. Rybak, *Sztuka operacyjna marynarki wojennej. Morskie operacje desantowe na kierunku jutlandzkim w okresie istnienia układu Warszawskiego,* Toruń 2022, s. 94-96; Czytaj również: https://agat.by/upload/statii_files/files/AGAT-sistemy%20upravlenija%20vsegda%20na%20shag%20vperedi.pdf, [dostęp:25.05.2024].

[17] R. Rybak, *Sztuka operacyjna marynarki wojennej. Morskie operacje desantowe na kierunku jutlandzkim w okresie istnienia układu Warszawskiego,* Toruń 2022, s. 94-96.

[18] Był to wzajemnie połączony zespół środków służących do zautomatyzowanego gromadzenia i przetwarzania informacji, transmisji danych i łączności, automatyzacji procesów analizy i oceny sytuacji, podejmowania decyzji, planowania, wyznaczania i przekazywania zadań żołnierzom (siłom morskim), monitorowania ich realizacji. Obejmuje zespoły urządzeń automatyki organów i punktów kontrolnych różnych poziomów, systemy i środki

Funkcjonalnie opracowany system był dostosowany do warunków morskich i morskiego teatru działań wojennych oraz stanowił morski odpowiednik systemu PASUW, działał zgodnie ze wzorcem jakim był *Manewr*.

Zakończenie

Stworzony przez Sowietów system Manewr stanowił wysoko zaawansowany architektonicznie układ oparty na elementach wytworzonych w ZSRR i krajach członkowskich UW. Jego możliwości stanowiły o skokowym wzroście efektywności działania wojsk układu warszawskiego i stanowił realne zagrożenie dla wojsk NATO, co potwierdzają informacje pozyskane przez amerykanów po rozpadzie ZSRR. Według Rosjan uświadomiono sobie wówczas, że dzięki systemowi *Manewr* wojska układu warszawskiego byłyby w stanie bez wykorzystania broni taktycznej pokonać wojska NATO w ciągu trzech dni[19]. Jego skuteczność przetestowano podczas współdziałania różnych rodzajów sił zbrojnych w ćwiczeniu *Zachód-81*, a następnie jego pracę zweryfikowano w ćwiczeniach *Tarcza-82,* podczas których system ponownie udowodnił swoją sprawność zwiększając skuteczność kierowania wojskami[20]. W szczególności zwrócono uwagę na wzrost gęstości ognia i jego celności, który wzrósł od 3 do 5 razy. W rezultacie jego działania nastąpił wzrost efektywności ataków powietrznych i artyleryjskich. Zastosowane w systemie rozwiązania oparte na elektronicznym systemie sterowania pozwoliły opracować mobilną platformę, wysoce zorganizowaną i precyzyjną strukturę wojskową o potwierdzonej skutecznością działania[21]. Nowe jakościowo spojrzenie na prowadzenie walki było rewolucyjną zmianą, której skutki odczuwane są do dzisiaj. Dowodem czego jest rozwijana na ich podstawie broń precyzyjnego rażenia.

Przeprowadzona w oparciu o system *Manewr* i zasady *Doktryny Ogarkowa* reorganizacja armii radzieckiej dała pozytywne rezultaty i to nie tylko na polu bitwy. Wprowadzona koncepcja sił mobilnych, gotowych do rozmieszczenia we właściwymi miejscu i czasie spowodowała zmiany organizacyjne w strukturze armii, jej składzie ilościowym, a także doprowadziła do reform w przemyśle obronnym i gospodarce narodowej ZSRR[22].

wymiany danych, środki automatyzacji komunikacji, przełączania i transportu informacji. Z kolei zespoły środków automatyzacji punktów kontrolnych składają się z narzędzi obliczeniowych, zespołów i narzędzi transmisji danych , zautomatyzowanych stanowisk pracy, środków wyświetlania informacji do użytku zbiorowego i indywidualnego , narzędzi dokumentacyjnych i drukarskich oraz środków zapewniających bezpieczeństwo funkcjonowanie zautomatyzowanych systemów kontroli, kontrola i zarządzanie ich pracą. Głównym celem systemów i środków automatyzacji dowodzenia i kierowania wojskami (siłami morskimi) jest zwiększenie efektywności, stabilności, elastyczności, tajności i jakości procesów kontrolnych . Najważniejszym warunkiem efektywnego wykorzystania zautomatyzowanych systemów sterowania jest oprogramowanie i matematyczne wsparcie reżimu zadań operacyjnych i taktycznych, opracowanie i wykorzystanie modeli operacyjnych do prowadzenia obliczeń, opracowywanie optymalnych rozwiązań, ich ocena i określanie oczekiwanych wyników działania bojowe wojsk (sił morskich). Integralnymi elementami zautomatyzowanego systemu dowodzenia i kierowania wojskami (siłami morskimi) są także zautomatyzowany system łączności, zautomatyzowany system kierowania walką i zautomatyzowane systemy kierowania ogniem . Wszystkie te elementy muszą być ze sobą funkcjonalnie powiązane, Źródło: https://war_peace_terms.academic.ru/11/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C%D0%90%D0%A2%D0%98%D0%97%D0%98%D0%A0%D0%9E%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%9D%D0%90%D0%AF_%D0%A1%D0%98%D0%A1%D0%A2%D0%95%D0%9C%D0%90_%D0%A3%D0%9F%D0%A0%D0%90%D0%92%D0%9B%D0%95%D0%9D%D0%98%D0%AF_%D0%92%D0%9E%D0%99%D0%A1%D0%9A%D0%90%D0%9C%D0%98_%28%D0%A1%D0%98%D0%9B%D0%90%D0%9C%D0%98_%D0%A4%D0%9B%D0%9E%D0%A2%D0%90%29_%28%D0%90%D0%A1%D0%A3%D0%92%29, [dostęp: 24.05.2024].

[19] https://fishki.net/2235499-nikolaj-ogarkov-zabytyj-genij-vojny.html, [dostęp: 24.05.2024]; https://topwar.ru/165683-doktrina-ogarkova-v-proshlom-i-nastojaschem.html, [dostęp: 24.05.2024].

[20] W krajach NATO ćwiczenia te nazwano „siedmiogodzinną wojną atomową". Szerzej czytaj: *„Siedmiogodzinna wojna nuklearna". Jak było*, Źródło: http://www.situation.ru/app/j_art_1182.htm, [dostęp:25.05.2024].

[21] https://fishki.net/2235499-nikolaj-ogarkov-zabytyj-genij-vojny.html, [dostęp: 24.05.2024].

[22] Idem.

Spowodowała przy tym drastyczny wzrost kosztów koniecznych do poniesienia na rzecz obronności i związanych z opracowaniem i wdrożeniem nowej „technologii walki" wymagającej innowacyjnego sprzętu specjalistycznego i utworzenia nowych jednostek wojskowych[23]. Wprowadzone przez Ogarkowa usprawnienia w AR były studiowane przez NATO, w którym stosowano podobne rozwiązania. Na uwagę zasługuje również fakt, że opracowane na przełomie lat 70. i 80. XX wieku rozwiązania systemowe w zakresie kierowania wojskami i walką są kontynuowane współcześnie.

Opracowany na podstawie doświadczeń i w oparciu o komponenty systemu *Manewr*, polowy zautomatyzowany system kierowania wojskami PASUW stanowił skuteczne narzędzie prowadzenia walki przez wojska układu warszawskiego, a podjęte wieloletnie badania w zakresie jego funkcjonalności znalazły swoje odzwierciedlenie we wprowadzeniu go na wyposażenie zjednoczonych sił zbrojnych UW.

[23] https://topwar.ru/165683-doktrina-ogarkova-v-proshlom-i-nastojaschem.html, [dostęp: 24.05.2024].

ДИНАМІКА ЦІННІСНО-СМИСЛОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ

Сергієнко А., Герасименко Л., Чорний О.
Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського, Україна

Анотація. В статті розглянуто питання вивчення особливостей ціннісно-смислової компетентності майбутніх фахівців. Дослідження проведено на основі анкетування студентів за роком навчання і за віком. На основі результатів дослідження побудовані моделі ціннісної сфери студентів. Отримані моделі дозволяють краще зрозуміти ціннісні орієнтації студентів, їхній вплив на поведінку та розвиток, і використовувати цю інформацію для ефективного вирішення різних завдань.
Ключові слова.: Ціннісно-смислова компетентність, ціннісна сфера студентів, математичні моделі.

Вступ

Сьогодення України актуалізує низку питань щодо ціннісно-смислової орієнтації особистості, адже система цінностей – це та ланка, яка об'єднує особистість і суспільство, інтегруючи їх у систему найрізноманітніших відносин. Висловлення громадянсько-патріотичної позиції, гуманістичних, пацифістичних цінностей, чітке уявлення свого місця в світі – підґрунтя свідомої позиції кожного українця сьогодні.

Проблема ціннісних орієнтацій вивчалася як у вітчизняній (Г.Балл, Б. Братусь, Т. Варенко та ін.), так і в зарубіжній психології (А. Маслоу, К. Роджерс, М. Рокич, В. Франкл, Ш. Шварц та ін.). У вітчизняній психології була сформована низка шкіл і напрямів, в яких досліджувалися такі аспекти цінностей: віковий (І. Дубровіна С. Єрмолич); механізми формування моральних цінностей і ціннісних орієнтацій (І. Бех, В. Галузяк, Є. Помиткін, Л. Романюк, В. Тюріна та ін.), Р. Винничук розглядала аксіологічні аспекти підготовки магістрів гумагнітарних спеціальностей; вплив кризових суспільних явищ на ціннісно-смислову сферу молоді вивчали М. Яницький, В. Бех, Л. Бляхман, Є. Головаха, А. Ручка, О. Шкаратан та ін.; питаннями методології цінностей особистості займалася психолог О. Старовойтенко та ін.

Метою діяльності закладів вищої освіти нині є підготовка фахівців вищої кваліфікації через призму загальнолюдських, гуманістичних цінностей: ідеалів добра, правди, справедливості, совісті, людської гідності, реалізації місії українського національно-патріотичного виховання, прищеплюючи молоді відданність цим ідеалам та цінностям. Важливим завданням вищої освіти стає формування моральної готовності боротися зі злом, захищати Батьківщину, з цих позицій оцінювати свої вчинки, шанобливо ставитися до національних та міжкультурних цінностей. Розбудова правової держави вимагає виховання свідомих, сповнених морально-етичних цінностей майбутніх фахівців, здатних чесно й гідно захищати інтереси громадян України. Відтак вивчення особливостей ціннісно-смислової компетентності майбутніх фахівців, її динаміки є надактуальним питанням.

Матеріал досліджень

Таким чином, цінності – психологічний конструкт, який вказує на важливі, значущі для особистості речі, впливає на її мотиваційну сферу, особистість, комунікацію, визначення життєвої стратегії тощо. Соціальними передумовами формування особистісних цінностей є наявні в суспільстві ідеологічні утворення і соціальні інституції, які транслюють суб'єкту об'єктивні смисли його існування.

У структурі особистості ціннісні орієнтації займають проміжне місце між мотивацією та світоглядними структурами свідомості. Вони є важливим компонентом у системі відносин особистості до навколишнього світу й діяльності, поєднуючи суспільні цінності, індивідуальні цінності, цінності окремої групи у систему ціннісних орієнтацій. Показником наявності сталих ціннісних орієнтацій є особистісна зрілість.

Теоретичні уявлення про ціннісні орієнтації досить неоднозначні, оскільки вони є предметом дослідження різних теоретико-методологічних шкіл та концептуальних засад Згідно з А. Титаренко, ціннісними орієнтаціями є не що інше, як бажання, прагнення, цілі, життєві ідеали. Складними, узагальненими системами ціннісних уявлень називають ціннісні орієнтації І. Попова та А. Ручка. Дослідниця О. Гріньова доводить, що ціннісні орієнтації є основним каналом перетворення у стимули і мотиви практичної поведінки людини культурних цінностей.

На думку психологів і соціологів, ціннісні орієнтації особистості є предметом соціально-психологічних досліджень і визначають індивідуальні основи системи цінностей, спрямовуючи науковий пошук на аналіз «онтологічної єдності аксіопсихіатрії» [1]. Це міждисциплінарне поняття, де «цінність» і його психологічний еквівалент «сенс» або «смисл» є представленням цінностей у свідомості індивіда. Сенс розглядається як ідея, яка містить «сенс життя людини, приписаний нею і грає роль цінності надзвичайно високого порядку, настільки високої, що втрата сенсу життя може привести людину до рішення... припинити своє існування на землі» [2]. Проблема смислової підсистеми розглядається у сучасній психології за двома основними напрямками: через поняття «смисл життя» (К. Ясперс, В. Франкл) та «особистісний смисл» (О.М. Леонтьєв, Д.О. Лєонтьєв). У психології даний напрямок широко розроблявся психологами-екзистенціалістами, зокрема такими, як В.Франкл та І. Ялом. В. Франклом першим була запропонована ідея, що смисл – є головною потребою особистості, її рушійною силою розвитку. Автор наголошував, що людина у своєму житті «орієнтована на смисл», вона довгий час шукає його, бо це одна з важливіших складових життя. Смисл – це ідеальний образ, до якого людина прагне дійти [3]. Смисл, завдяки випереджаючому характеру, стимулює розвиток особистості, спонукає до зростання протягом життя. Осмисленість життя є усвідомленістю людини свого буття, своїх дій, свого минулого, сьогодення та майбутнього. Знайти смисл життя – це знайти можливість до самоактуалізації, знаходження свого місця у великому світі можливостей.

Сенс є відносно самостійним утворенням людської психіки, вільним від зовнішніх впливів і внутрішніх прагнень; кожне значення характеризується унікальністю, оскільки воно відображає неповторність моментів існування в житті. Розмежування термінів «сенс» і «значущість» розкриває глибше значення основної характеристики орієнтації людського буття – життєвої орієнтації (В. Франкл), яка представлена в базових цінностях. Таким чином, смисл є більш широким поняттям за обсягом, і воно наповнює зміст практичним, повсякденним або реалізаційним змістом [3]. Особистісні смисли грають важливу роль в організації психічної діяльності через об’єднання різних підсистем особистості. Смисложиттєва орієнтація та ціннісні орієнтації утворюють єдину систему «ціннісно-смислова орієнтація», яка виконує орієнтаційну функцію в процесі життєдіяльності [4].

Таким чином, ціннісно-смислова сфера — це комплекс внутрішньо пов’язаних цінностей і смислів, які визначають особистісний світогляд і напрямок життєвого розвитку людини. Ця сфера включає в себе систему цінностей (важливих переконань та пріоритетів) та смислів (осмислення життя, його мета, значущість). Формування систем цінностей відбувається на основі ціннісних орієнтацій, які дозволяють людині розуміти мету своєї діяльності та основні шляхи досягнення цієї мети, особливо – в кризові для

суспільства періоди трансформацій, коли не спрацьовують звичні стереотипи, традиції і норми.

Орієнтаційна й світоглядно-орієнтуюча функція ціннісно-смислової сфери актуалізує необхідність її розвитку в студентському віці, сензитивному для формування ціннісного підґрунтя, яке необхідне для визначення життєвих перспектив і сратегій їх досягнення. Тому формування ціннісно-смислова компетентність протягом навчання у ЗВО має стати важливим завданням для викладачів. Ціннісно-смислова компетентність у нашому дослідженні визначена як сукупність знань, умінь і навичок студента, які передбачають його здатність формувати ціннісні орієнтири та життєві сенси, визначати шляхи їх досягнення, усвідомлювати роль моралі у професії й житті, відповідальності за прийняті рішення. Визначення особливостей та структури ціннісно-смислової компетентності розглянуто у роботах М. Дьяченка, Л. Кандибовича, Л. Орбан-Лембрик та ін. Відзначимо, що ціннісно-смислова компетентність є складником готовності майбутнього фахівця до до професійної діяльності. Основними компонентами ціннісно-смислової компетентності вважатимемо: *мотиваційний* (спрямованість особистості, усвідомлення нею мотивів, інтересів, цінностей); *змістовний* (понятійні уявлення про досліджувану компетентність як про важливу, значущу сторону професійної діяльності та людського життя); *діяльнісний* (уміння розв’язувати професійні й життєві ситуації, спираючись на власні ціннісно-смислові орієнтири й поважаючи цінності інших людей); *оцінно-рефлексивний* (уміння особистості використовувати цінності й змісти для оцінки, саморегуляції й самоорганізації своєї поведінки й діяльності) [5].

Для дослідження ціннісно-смимслової компетентності розроблено анкету, яка складена з 4 блоків: 1) кар’єра, 2) сім’я, 3) самоосвіта, 4) матеріальне благополуччя.

Анкетування проводиться шляхом заповнення google-форми. Студенти повинні з кожного запитанню виставити оцінку від 1 до 10. Розроблена анкета (табл.1) доступна за посиланням (рис.1).

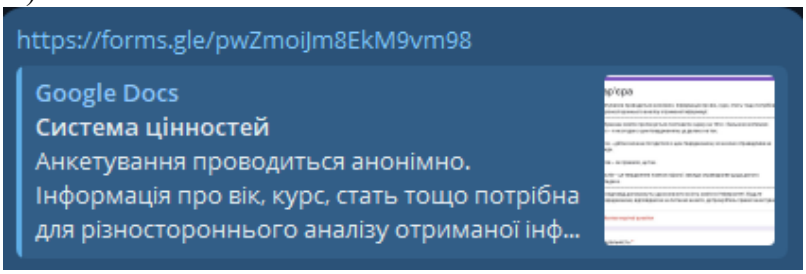


Рисунок 1 – Посилання на анкету

Таблиця 1 – Анкета для оцінки ціннісної сфери студентів

Блок 1. Кар’єра	
1.1	Яке місце в системі Ваших цінностей займає кар'єра?
1.2	Ви обрали цю освітню програму самостійно і свідомо?
1.3	Ви плануєте працювати за обраним фахом?
1.4	За час навчання відбулися зміни у Ваших професійних цілях?
1.5	За час навчання відбулися зміни у Ваших цінностях?
Блок 2. Сім’я	
2.1	Яке місце в системі Ваших цінностей займає родина?
2.2	Оцініть роль сім'ї у Вашому житті й розвитку
2.3	Родинні звичаї і традиції мають важливе значення у Вашій родині?
2.4	Працювати потрібно заради добробуту родини?
2.5	Найголовніше в родині взаємодія і підтримка?
Блок 3. Саморозвиток	
3.1	Яке місце в системі Ваших цінностей займає саморозвиток?

3.2	Після отримання освіти потрібно розвиватися далі, вдосконалювати свої вміння?
3.3	Я постійно працюю над собою
3.4	Я користуюсь послугами коуча зараз
3.5	Я маю власну програму саморозвитку
Блок 4. Матеріальне благополуччя	
4.1	Яке місце в системі Ваших цінностей займає матеріальне благополуччя?
4.2	У майбутній роботі для мене найважливіше заробітна платня
4.3	Мрію бути фінансово незалежним(-ою)
4.4	Для заробляння грошей гарні будь-які засоби
4.5	Я вже заробляю достатні кошти

Емпіричне дослідження проводилось на базі Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Всього в констатувальному експерименті взяли участь 61 студент.

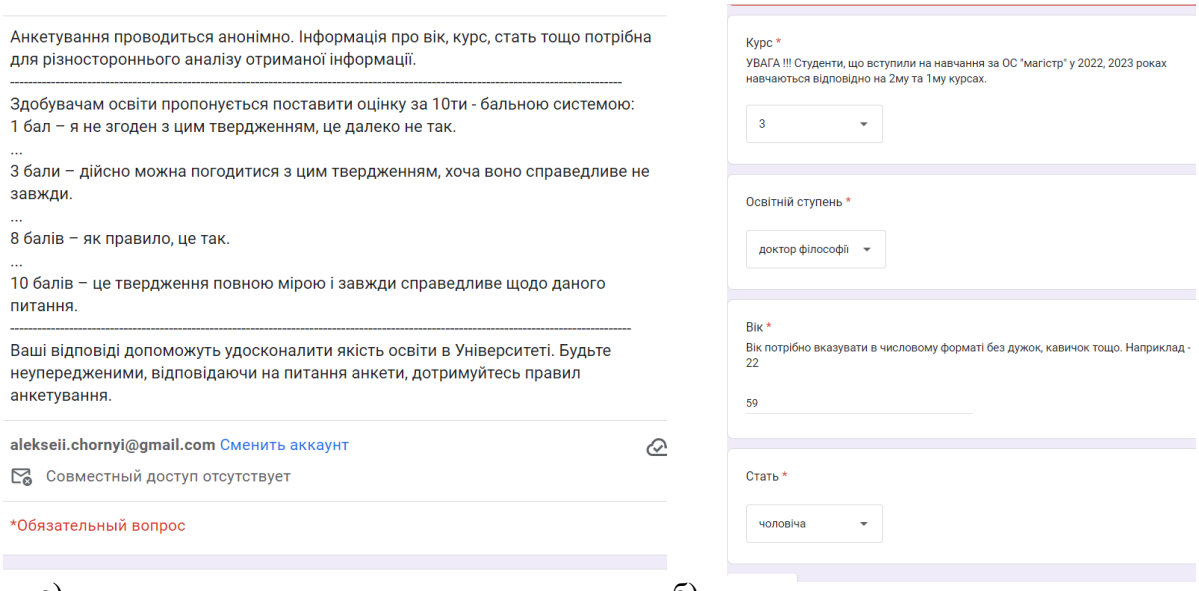
Експеримент проводився в звичних для студентів умовах навчального процесу.

Для досягнення мети експериментального дослідження вирішена низка завдань:

– виявлені кількісні показники оцінювання ціннісної сфери у студентів;

– проведений аналіз та інтерпретація результатів експериментального дослідження: побудовані регресійні моделі ціннісної сфери за вказаними групами в залежності від віку студентів та курсу навчання.

Аналіз результатів дослідження проведено на основі визначення медіани отриманих результатів анкетування за роками навчання і за віком студентів. Отримані дані зведені до табл.1 і табл.2. На рис.2 показані вікна анкети.



а) б)

Рисунок 2 – Вікна анкети

Таблиця 1 – Медіана домінанти цінностей студентів за роком навчання

Курс	Блок 1	Блок 2	Блок 3	Блок 4
1	5,95	7,35	6	6,2
2	5,6	7,2	5,92	6,2
3	7	7,6	7,4	6,6
5	7,53	9,48	7,29	7,13
6	7,8	8,47	7,8	7,13

Аналіз таблиці 1 дозволяє відзначити, що для студентів усіх років навчання найбільш значущими є сімейні цінності. Тому вони чекають від близьких взаєморозуміння і підтримки, уважають, що підтримка добробуту родини – пріоритетна цінність. Проте варто зазначити, що збільшення уваги до кар'єри спостерігається у студентів третього курсу (медіана 7 порівняно з 5,95 на першому курсі). Це можна пояснити вивчення спеціальних, професійно-орієнтованих дисциплін, які дозволяють зрозуміти сутність майбутньої професії. Медіана кар'єри магістрів 1-2 курсів приблизно однакова (7, 53, 7,8 відповідно), але вища, ніж у бакалаврів. Магістри розуміють сутність і значущість майбутньої професії і, підвищуючи свій освітній рівень, реалізують цінність кар'єрного зростання. Медіана саморозвитку також починає зростати з третього курсу. Залучення до практичного оволодіння спеціальними компетентностями актуалізують необхідність постійного саморозвитку і вдосконалення, чого вимагає і кар'єра. Медіана матеріального благополуччя також зростає відповідно до року навчання студентів, проте, однозначно, вона не є домінантною.

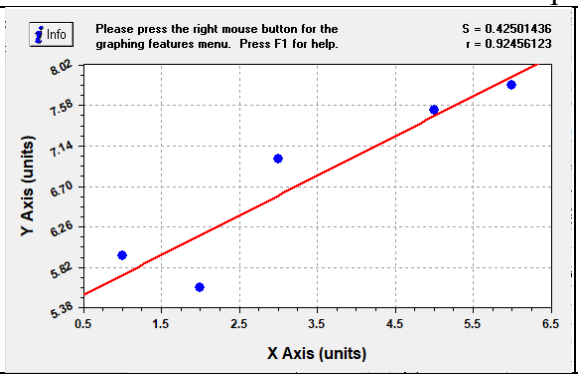
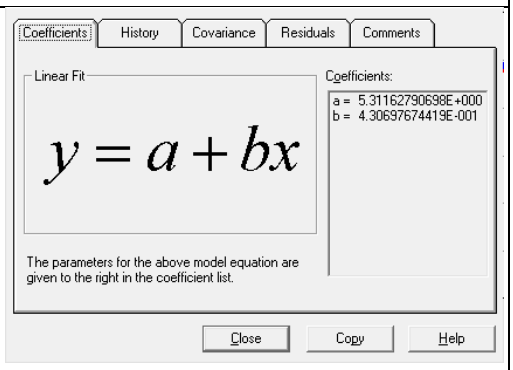
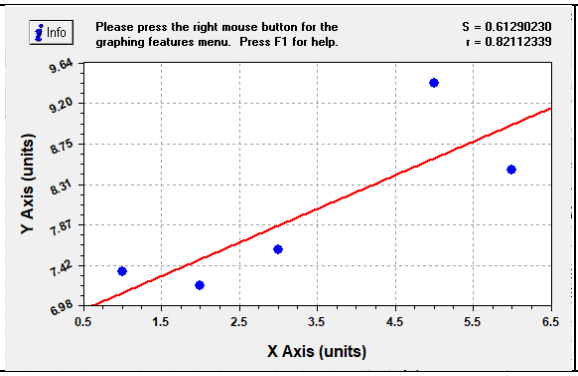
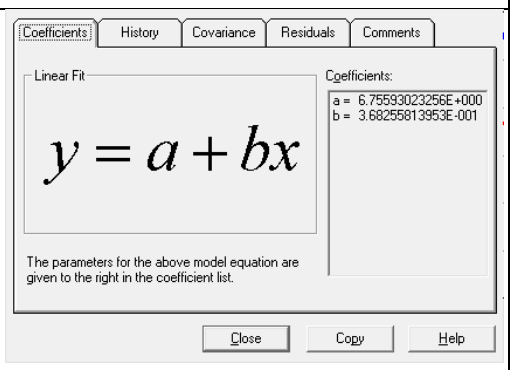
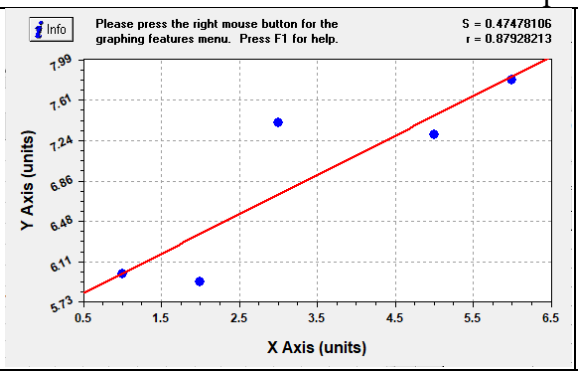
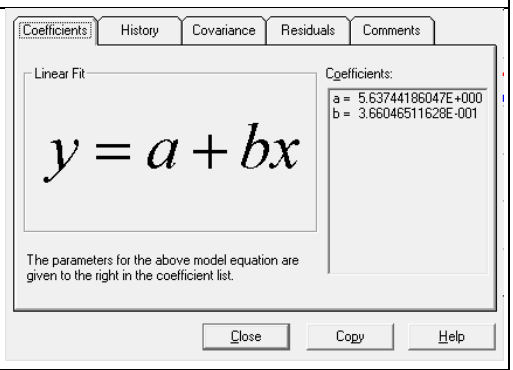
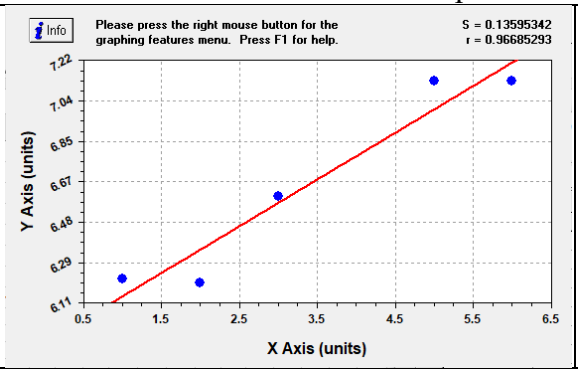
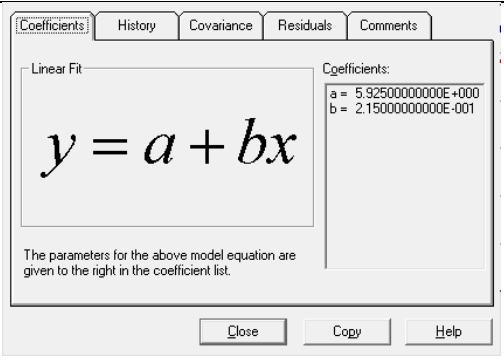
Таблиця 2 – Медіана домінанти цінностей студентів за віком

Вік	Блок 1	Блок 2	Блок 3	Блок 4
17	5,77	6,35	6,38	5,93
18	6,13	7,22	5,93	6,18
19	5,84	8,28	6,2	6,54
20	5,63	7,86	6,2	6,6
21	2,6	6,3	4,7	6,4
22	6,6	9,6	6,8	7,3
23	7	7,4	6,24	6
25	8,1	8,2	6,7	6,1
34	8,1	10	6,5	6,7
38	5,8	10	5,2	7,8
39	4,8	9,6	6,4	5,8
40	7,8	9,8	5,7	5,5
46	8,4	10	9,2	9
50	7	7,6	7,4	8,6
52	9,4	10	8,2	8,5

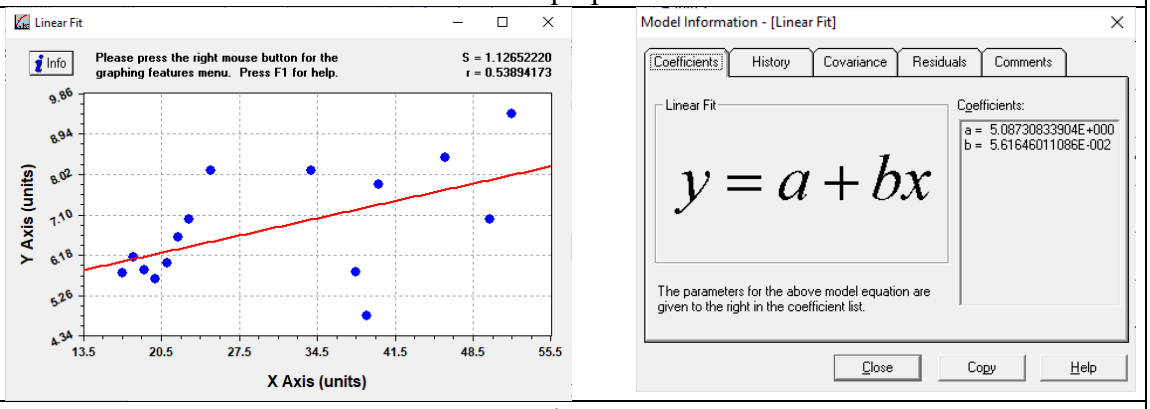
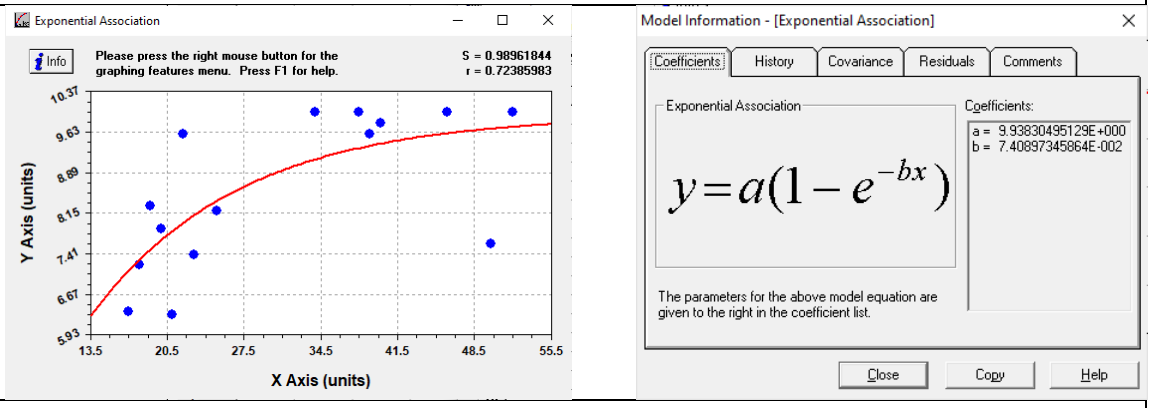
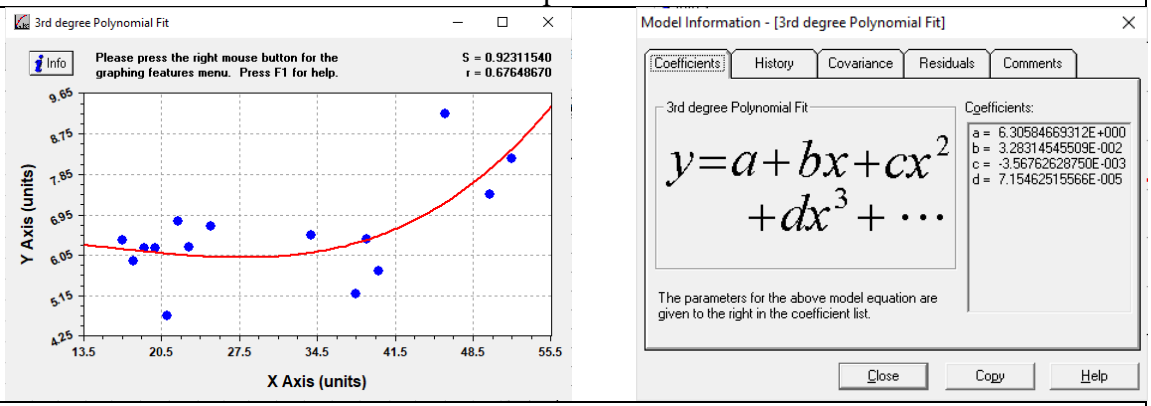
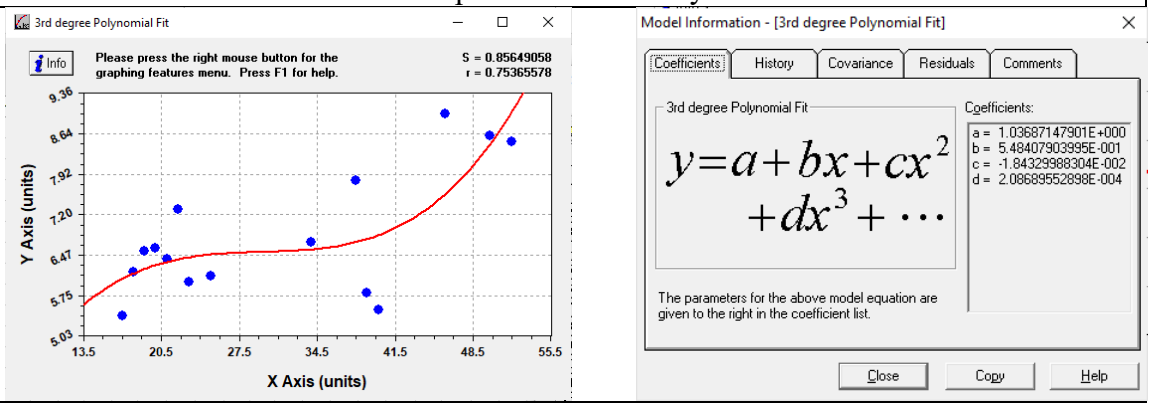
Отримаємо рівняння регресійної моделі для кожного блоку, використовуючи метод найменших квадратів (МНК). Моделі і значення коефіцієнтів моделей зведемо у табл. 3.

Регресійні моделі оцінки ціннісної сфери за віком (табл. 4) є нелінійними, тому вибір моделі відбувався за критеріями: максимального значення коефіцієнту детермінації і логічної відповідності отриманого рівняння психологічним процесам.

Таблиця 3 – Регресійні моделі оцінки ціннісної сфери за курсом навчання

Кар'єра
 
Сім'я
 
Саморозвиток
 
Матеріальне благополуччя
 

Таблиця 4 – Регресійні моделі оцінки ціннісної сфери за віком

Кар'єра

Сім'я

Саморозвиток

Матеріальне благополуччя


За розрахунковими моделями отримані регресійні залежності.

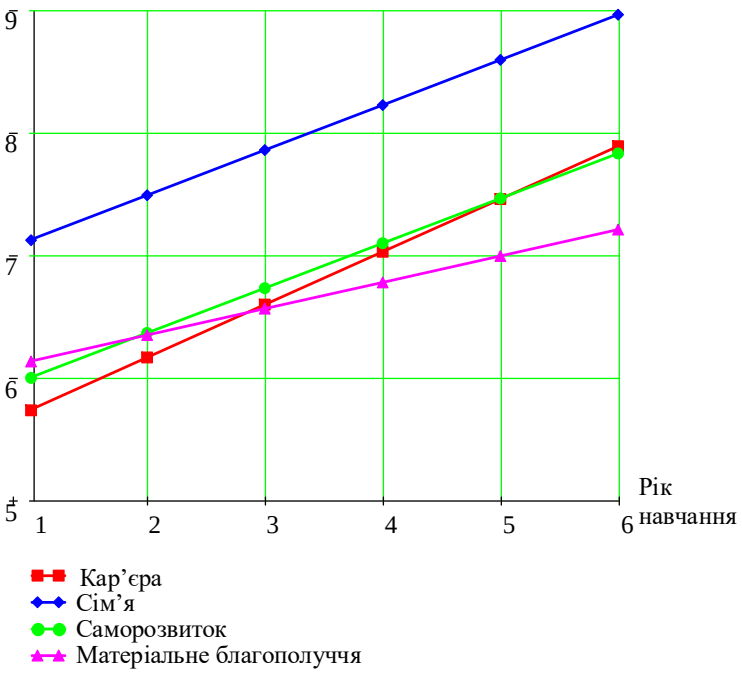


Рисунок 3 – Регресійні залежності кількісних значень показників ціннісної сфери від року навчання

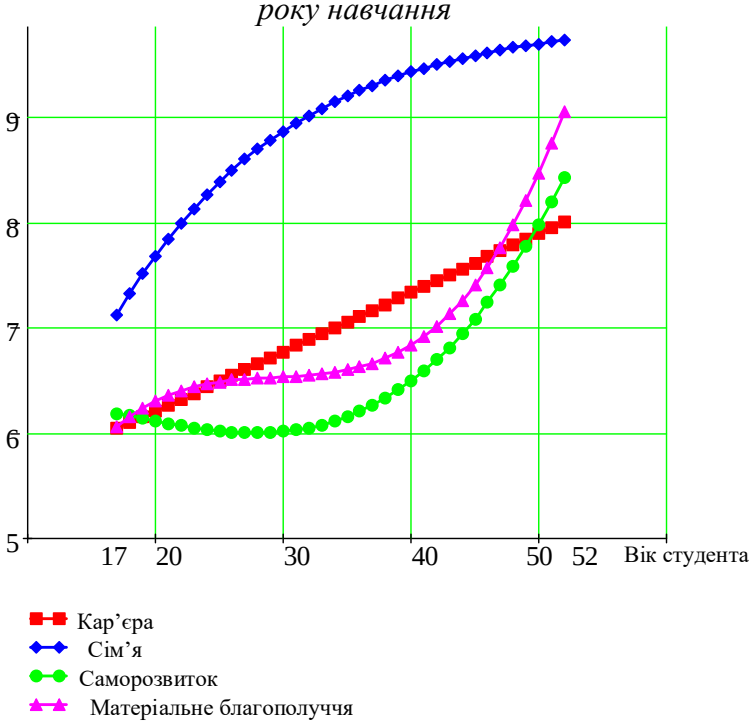


Рисунок 4 – Регресійні залежності кількісних значень показників ціннісної сфери від віку студентів

Добре видно, що моделі кількісних значень показників ціннісної сфери від року навчання (рис.4) мають лінійний вигляд але з різним коефіцієнтом зростання. Встановимо який показник є превалюючим. Це можна визначити за значенням похідної. Продиференціюємо кожну з моделей і зведемо до табл.5 значення похідних:

$$\frac{d\left(a+bx\right)\right)}{dx}=b\,.$$

Таблиця 5 – Значення коефіцієнту зростання для різних блоків анкети в залежності від курсу навчання

Коефіцієнт зростання	Блок1 Кар'єра	Блок 2 Сім'я	Блок 3 Саморозвиток	Блок 4 Матеріальне благополуччя
b	0,43	0,368	0,366	0,215

Ми бачимо, що показник кар'єри є самим важливим для студентів і зростає з кожним наступним роком навчання.

Встановлено, що моделі ціннісної сфери за показниками «кар'єра», «сім'я», «саморозвиток» і «матеріальне благополуччя» мають вигляд лінійного рівняння, аргументом якого є рік навчання від 1-го до 6-го. Де 1 – 4 рік – це навчання в бакалавраті, а 5 і 6 рік – це навчання в магістратурі. Характерним є різний темп зростання цінності того чи іншого показника. Найбільш цінним виявилася «кар'єра», а найменш – «матеріальне благополуччя». Студенти, які прийшли до ЗВО здобувати вищу освіту вже є мотивованими на пошук перспективної роботи, яка може задовольнити їхні потреби, що і висуває кар'єру в ранг домінантних цінностей. Темп зростання уваги до «матеріального благополуччя» умовно можна розділити на три етапи: перший етап 17-25 років – низький рівень зацікавленості. Він припадає на роки навчання в ЗВО. У цей час студенти не відчувають особливих матеріальних потреб, бо знаходяться на утриманні батьків. Другий етап – 25-35 років, – етап стабільності, коли студенти, які навчаються за другою освітою, розуміють значення навчання для отримання кваліфікованої роботи і не змінюють власні цінності. Третій етап – 35-52 роки – студенти, які навчаються за другою освітою, обрали її свідомо для того, щоб змінити професію на більш високооплачувану. Адже в такому віці вже є сім'я і рівень статків, що був раніше, перестає задовольняти, тому на цьому етапі спостерігається різке підвищення мотивації щодо збільшення власного матеріального благополуччя. Між категорією «матеріальне благополуччя» і «саморозвиток» існує кореляція. Період 17-35 років – період задоволення існуючим статусом і матеріальними статками. Студенти вважають, що отриманих знань достатньо для кваліфікованої роботи, і лише після 35 років зростає значущість матеріальних цінностей й актуалізується питання саморозвитку: бажання вдосконалюватися, отримувати другу освіту, підвищувати свій фаховий рівень засобами неформальної і інформальної освіти.

Регресійна модель, яка відбиває домінування сімейних цінностей у студентів різного віку, є експоненційною. Студенти 17–20 років, потребують сімейного піклування, але не замислюються над створення власної родини. З 30 років бажання мати власну родину зростає.

Отримані моделі мають високий коефіцієнт детермінації, що свідчить про високу вірогідність результатів моделювання. Якщо коефіцієнт детермінації для моделі «Матеріальне благополуччя»=*f*(вік) складає 0,75, то, знаючи вік студента, з імовірністю 75% зможемо правильно спрогнозувати його ціннісне ставлення до матеріального благополуччя.

Висновки

За результатами проведеного емпіричного дослідження побудовані моделі ціннісної сфери студентів в залежності від віку та курсу навчання. Для побудови моделей використаний регресійний аналіз та МНК як метод розрахунку коефіцієнтів моделей. Отримані моделі мають високий коефіцієнт детермінації, що свідчить про високу вірогідність результатів моделювання.

Таким чином отримані моделі ціннісної сфери студентів дозволяють:

- визначити, як цінності студентів впливають на їхню успішність у навчанні, роботі, особистому житті. Це дозволяє розробити програми підтримки студентів у досягненні бажаних цілей.
- провести порівняльний аналіз ціннісних орієнтацій студентів різних країн, культур, що дозволить побудувати ефективне полікультурне освітнє середовище. Отримані моделі ціннісної сфери студентів є цінним інструментом для психологів, педагогів, менеджерів, інших фахівців, які працюють з молоддю. Вони дозволяють краще зрозуміти ціннісні орієнтації студентів, їхній вплив на поведінку та розвиток, і використовувати цю інформацію для ефективного вирішення різних завдань.

Література

1. Гріньова О. М. Смисложиттєві орієнтації як чинник особистісно- професійного зростання в юнацькому віці. *Наук. часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова. Серія 12: Психологічні науки. Київ, 2013. № 42.* С. 155-161.
2. Іванова О. В. Психолого-педагогічна програма розвитку смисложиттєвих орієнтацій особистості в юнацькому віці. *Теорія і практика сучасної психології:* зб. наук. пр. Запоріжжя : Класичний приватний університет, 2018. № 3. С. 186-189.
3. Людина в пошуках справжнього сенсу. К. : Клуб сімейного дозвілля, 20011.160 с.
4. Maslow A.H. Motivation and personality. URL: https://www.google.com.ua/books/edition/Motivation_And_Personality/DVmxDwAAQBAJ?hl=ru&gbpv=1&dq=inauthor:%22Abraham+H.+Maslow%22&printsec=frontcover
5. Шмельова А.С. Формування мотиваційного компонента ціннісно-смислової компетентності майбутніх юристів // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2021. Випуск 6. С.11–17.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРОГРАМИ MOLDEX3D ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ПРЕС-ФОРМ

Синюк О.[1], Кунцов О.[1], Поліщук О.[1], Злотенко Б.[2]
[1] Хмельницький національний уніерситет, Україна
[2] Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

Анотація. У данній статті зосереджується на виробництві високотехнологічних полімерних виробів у легкій промисловості в Україні та необхідності комплексної автоматизації виробничого процесу через застосування програмного комплексу Moldex3D для проектування прес-форм. Стаття висвітлює основні проблеми проектування прес-форм для лиття під тиском полімерних виробів із заданими фізико-механічними властивостями та пропонує Moldex3D як програмний комплекс, який дозволяє ефективно вирішувати ці завдання. Moldex3D пропонує широкий спектр функцій для розрахунків заповнення порожнини прес-форми розчином полімерного матеріалу, включаючи моделювання течії, швидкі розрахунки та оптимізацію впусків, а також можливості для прогнозування поведінки композиційних матеріалів. В результаті використання Moldex3D можна досягти покращення ефективності виробництва та зниження витрат на проектування прес-форм для полімерних виробів.
Ключові слова: Лиття полімерів, Moldex3D, прес форма, проектування.

Вступ

Однією з актуальних завдань, що стоїть перед виробництвом виробів легкої промисловості в Україні є розробка і виготовлення високотехнологічних полімерних виробів, на кшталт підошов, устілок, блискавок, ґудзиків, блочків та інших.

Підвищення ефективності та зниження витрат виробничого процесу вимагає комплексної автоматизації на всіх етапах проектування та виробництва продукції [1]. Більшість полімерних виробів легкої промисловості виготовляється за допомогою лиття під тиском. Лиття під тиском - це технологічний процес, в ході якого вихідний матеріал впорскується в спеціальну прес-форму, після чого лінійно застигає, тобто біля холодних стінок форми застигання відбувається швидше, ніж у центрі [2]. Лиття під тиском застосовують переважно для виготовлення виробів із термопластів і здійснюють під тиском 80-140 МПа на ливарних машинах поршневого або гвинтового типу, що мають високий ступінь механізації та автоматизації. Основний вплив на якість сформованих полімерних виробів здійснює прес-форма. Прес форма являє собою вид технологічного оснащення, що дозволяє отримати готові деталі шляхом лиття та витримки під тиском полімерного матеріалу. Це може бути відкрите пресування, вакуумне формування тощо. Найстабільнішими є прес форми для лиття під тиском, які дозволяють отримувати деталі найскладніших форм, з високою продуктивністю, але при цьому з мінімальними втратами матеріалу [2]. Сьогодні перед науковцями та фахівцями (конструкторами ливарної оснастки та технологами з литва) стоять ті ж проблеми, що й багато років тому: де розташувати точки впуску, в якій кількості, де можуть опинитися лінії спаю та повітряні включення.

Основна частина.

Всю конструкторську діяльність по створенню прес-форми можна розділити на два етапи: створення формоутворюючого профілю та побудова навколо спроектованої деталі двох напівформ. Крім того, необхідно точно визначити розташування на деталі ліній роз'єму. У зв’язку із сказаним вище можна виділити проблему проектування прес-форм для литва під тиском полімерних виробів із заданими фізико-механічними властивостями.

З метою економії коштів при виготовленні прес-форм необхідно попередньо змоделювати процес заповнення порожнини прес-форми розчином полімерного матеріалу, на основі чого, використовуючи спеціальні програми спроектувати прес-форму.

На даний час існує дуже обмежена кількість програмних комплексів для проектування прес-форм для лиття під тиском полімерних виробів: Moldex3D; SolidWorks Plastics, який входить до складу SolidWorks; T-FlexCad; Компас-3D; Autodesk Inventor та інші [3].

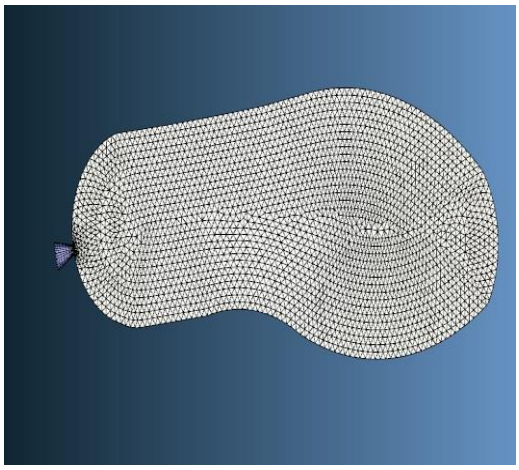
Серед усіх перерахованих програм систем проектування слід звернути увагу на Moldex3D. Програмний комплекс Moldex3D призначений для інженерних розрахунків лиття пластмас під тиском та інших процесів переробки полімерних матеріалів, що дозволяє прискорити процес підготовки виробництва полімерних виробів вже доступна для користувачів. Moldex3D пропонує більш високу швидкість обчислень: розрахунки заповнення та ущільнення виконуються на 20%-30% швидше. Крім того, користувачам доступне нове рішення для моделювання течії, завдяки якому при визначенні оптимального положення впусків час розрахунку скорочується в 15 разів. Новий вид розрахунку Quick Flow дозволяє швидко виконати цикл ітерацій зі зміною місць впуску для досягнення потрібних цілей. Знайдене оптимальне розташування впусків можна використовувати для більш детального розрахунку течії розплаву. Це дозволить користувачам ефективно мінімізувати лінії спаю ще на ранніх етапах розрахунку, знижуючи трудомісткість оптимізації місць впуску, особливо для великогабаритних виробів [4]. Moldex3D R16 розповсюджує технологію розрахунків для незв'язаної сітки на вставки та плити ливарної форми. Це спрощує підготовку моделі до розрахунку, так як твердотільна сітка для ливарної форми створюється автоматично і не вимагає зв'язаності. Крім того, Moldex3D дозволяє користувачам призначати властивості матеріалу для будь-якого компонента ливарної форми і візуалізувати температурні зміни на площині роз'єму для оптимізації часу циклу. З технологією розрахунків для незв'язаних сіток користувачі можуть заощадити час детальних розрахунків ливарної форми. Моделювання легких виробів із композиційних матеріалів доповнено розширеними можливостями для прогнозування поведінки композиційних матеріалів. Модуль RTM для розрахунку в Moldex3D процесів витримки під тиском та вакуумної інфузії тепер підтримує розрахунок короблення та дозволяє користувачам визначати деформації холодної заготовки. За рахунок нового запатентованого підходу Moldex3D дозволяє моделювати отримання полімерних виробів, армованих орієнтованими волокнами. Цей підхід поєднує в собі модель в’язкості Гершеля-Балклі для розплавів з межею плинності та модель Крос-ВЛФ, що дозволяє одночасно описати ньютонівську рідин та рідину, в’язкість якої зменшується при зсуві. Це значно підвищує точність прогнозування орієнтації волокна у різних шарах виробу. Ще одне покращення стосується прогнозування розмірів та кількості пір при формуванні поліуретанів з хімічним спінюванням, а також прогнозування деформацій при пресуванні.

Програмний комплекс Moldex3D має великі можливості для швидкого та точного аналізу заповнення порожнини прес-форми. У склад програми входять модулі розрахунку параметрів текучості і витримки відливків. Як і в будь-якій системі інженерних розрахунків, у Moldex3D для виконання моделювання, проектувальник повинен задати ряд вихідних параметрів та визначити граничні умови моделювання. Для роботи у програмі проектувальнику потрібна тривимірна модель деталі. Так як програмний комплекс Moldex3D дозволяє працювати з різними форматами тривимірної геометрії, то для виконання розрахунків можна використовувати геометрію, імпортовану з SolidWorks, AutoCad, Компас-3D та інших CAD систем.

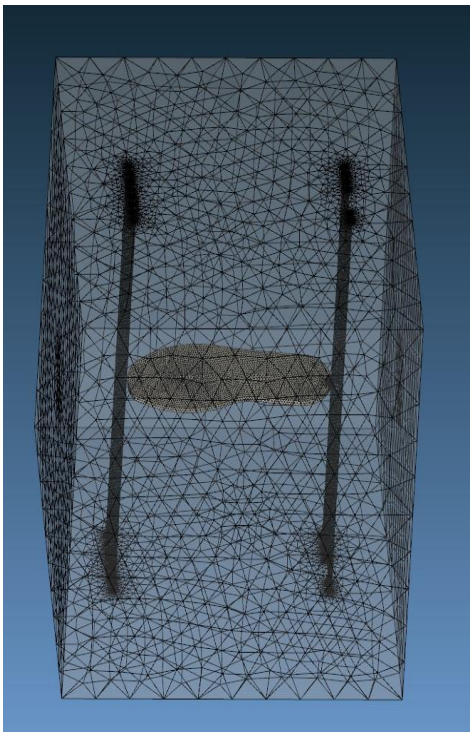
Імітування процесу лиття відбувається з використанням методу кінцевих елементів - основного математичного інструменту практично всіх систем інженерних розрахунків. Тому першим завданням, що постає, це створення сітки кінцевих елементів з вихідної моделі деталі. Для цього у Moldex3D є два методи розбиття геометрії: поверхневий (рис. 1 а) і об'ємний (рис. 2 б). Кожен метод має свої переваги та використовується у конкретному випадку.

Програмний комплекс Moldex3D також дозволяє задавати тип використовуваного матеріалу та термопластавтомату, якій здійснює подачу матеріалу у прес-форму. У стандартну версію Moldex3D вже входить велика база полімерів, в якій нараховується більше десяти тисяч найменувань полімерних матеріалів від різних виробників з різними характеристиками. Якщо з якоїсь причини проектувальник не зможе знайти потрібного матеріалу, то він має можливість додати його до бази даних.

Визначення термопластавтомата відбувається аналогічним чином – з бази даних моделей термопластавтоматів, яка входить у стандартну версію Moldex3D, вибирається потрібна модель [4].



а



б

Рис.1. Створення сітки кінцевих елементів з вихідної моделі деталі

І, нарешті, перш ніж починати моделювати процес заповнення і формування виробу, необхідно визначити початкові і граничні умови процесу та вказати місця вприскування розплаву полімеру. Після того, як були задані вихідні параметри, а також визначені граничні умови для виконання розрахунків, можна запустити процес моделювання заповнення прес-форми розплавом полімеру. Moldex3D дозволяє виконувати два види розрахунків: розрахунок параметрів текучості матеріалу (рис. 2) та моделювання процесу витримки прес-форми під тиском (рис. 3).

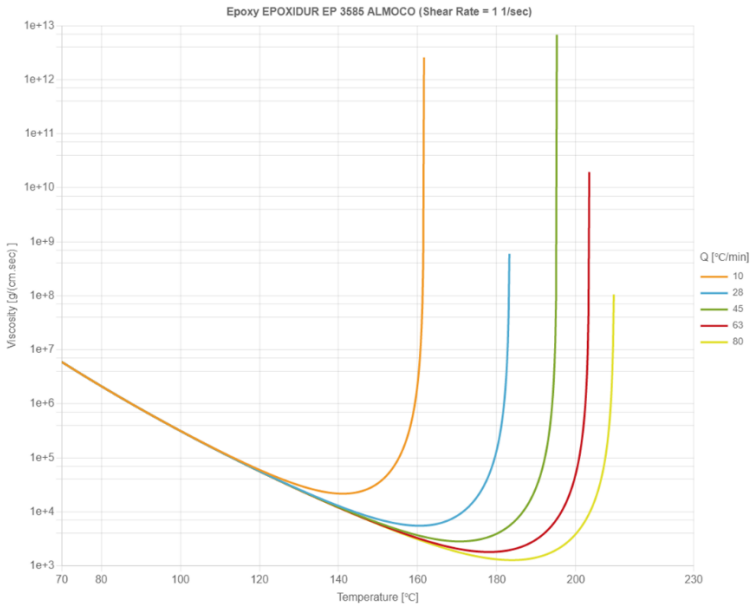


Рис. 2. Зміна в'язкості полімерів від температури

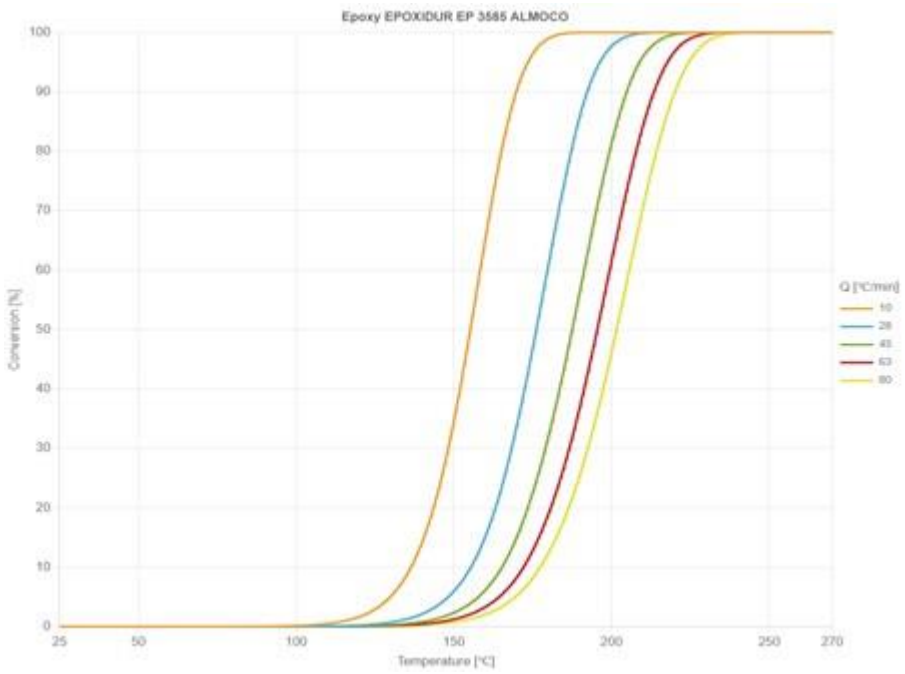


Рис. 3. Кінетика затвердіння полімерного розчину під час витримки в прес-формі

Розрахунки можна запускати як по черзі (для попереднього аналізу), так і одночасно, для отримання одразу всіх результатів. Час моделювання залежить від потужності комп'ютера, точності потрібних результатів та розмірів деталі. Для зручності Moldex3D має функцію, що дозволяє відкласти розрахунки на більш зручний час, коли за комп'ютером ніхто не працює. Використовувати її можна, наприклад, щоб запустити розрахунок увечері, аби наступного ранку, прийшовши на роботу, вже отримати готовий результат.

Після закінчення розрахунків користувач отримує доступ до набору характеристик, що дозволяють оцінити технологічність виготовленої деталі. До таких параметрів розрахунку відносять:

– різноманітні температурні поля всередині та на поверхні прес-форми;

– розподіл тиску у відливці;

– зони затвердіння;

– величина об'ємної усадки тощо.

При моделюванні фази витримки прес форми під тиском, проектувальник, крім вищеописаних параметрів, отримує в своє розпорядження такі дані:

– час охолодження;

– залишкове напруження;

– розташування раковин та їх розміри тощо.

Крім стандартного набору параметрів Moldex3D дозволяє відстежувати місця, де можлива поява повітряних кишень, а також місця спаїв.

Одним з найпотужніших інструментів Moldex3D – є експертна система, яка аналізує отримані значення і дає рекомендації щодо покращення технологічності процесу. При цьому зазначена система досить докладно описує способи усунення тієї чи іншої проблеми, що дозволяє накопичувати досвід у цій галузі знань.

Крім того, у Moldex3D, для підвищення наочності отриманих результатів, вбудований модуль генерації звітів, який зводить усі результати моделювання в єдиний файл, що містить у собі таблиці значень, графіки, ілюстрації та рекомендації інженеру. Проектування прес-форм має здійснюватися з урахуванням можливостей виробництва.

Висновок.

Moldex3D пропонує набір найпотужніших інструментів для проектування прес-форм, має багато розширених функцій аналізу, які допомагають симулювати заповнення порожнини прес-форми, витримку під тиском під час охолодження виробу, що дозволяє прогнозувати дефекти поверхні майбутнього виробу.

Моделювання потоку розплаву полімеру в порожнині прес-форми з подальшим охолодженням розплаву дозволяють проводити віртуальні випробування прес-форми. Результати моделювання заповнення розплавом полімеру прес-форм за допомогою Moldex3D збігаються з реальними результатами випробувань прес-форм з високим рівнем точності.

Література.

1. Карпик Р. Т., Дідик С. В. Автоматизація процесу проектування прес-форм для литва термопластів під тиском / Р. Т. Карпик, С. В. Дідик // Науковий вісник НЛТУ України, 2018, т. 28, № 7. - С. 97-100 (https://doi.org/10.15421/40280721).
2. Синюк О.М. Моделювання процесу заповнення розплавом полімеру порожнини прес-форми з армуючими елементами / Вісник Хмельницького національного університету, 2017. - № 1 (245).
3. Волошина М. Проектування прес-форм. Режим доступу: https://klona.ua/uk/blog/foundry-uk/proektuvannya-pres-form.
4. Moldex3D modeling capabilities to create better parts [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.moldex3d.com.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК ОДНОСТУПЕНЕВОГО ЗУБЧАСТО-ВАЖІЛЬНОГО ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНІЗМУ

Смутко С.[1], Лісевич С.[1], Мусял Я.[2], Мацко М.[2]
[1] Хмельницький національний університет, Україна
[2] Університет Казимира Великого, Польща

Анотація. Для виконання якісного технологічного процесу петлетворення універсальним необхідно забезпечити точність позиціювання петлетвірних органів, тому виникла необхідність дослідити точність одноступеневого зубчасто-важільного механізму приводу шляхом визначення його похибки. В статті проведено огляд методів похибок положення і переміщення механізмів, аналіз яких показав показав доцільність використання в даному випадку диференціального методу, так як він дає можливість більш повно оцінити вплив різних факторів на степінь точності механізму.
Виконано аналітичне дослідження похибок одноступеневого зубчасто-важільного планетарного механізму.
Ключові слова: Похибка положення, точність механізму, петлетвірні органи, зубчасто-важільний планетарний механізм.

В роботах [1-3] запропоновано конструкцію одноступеневого зубчасто-важільного механізму, що дозволяє створити універсальний механізм приводу петлетвірних органів основов'язальних машин. Для виконання якісного технологічного процесу необхідно забезпечити точність позиціювання петлетвірних органів, тому необхідно дослідити точність запропонованого механізму шляхом визначення його похибка

Для визначення похибок положення і переміщення механізмів розроблені різні методи [4-5]: метод плеча та лінії дії, диференціальний метод, метод перетвореного механізму, геометричний метод, метод планів малих переміщень, метод відносних похибок тощо.

Аналіз вказаних методів розрахунку на точність механізмів показав доцільність використання в даному випадку диференціального методу, так як він дає можливість більш повно оцінити вплив різних факторів на степінь точності механізму.

Суть методу [4] полягає в складанні математичної моделі механізму, в якій положення веденої ланки механізму S виражено як функцію параметрів, які можуть мати первинні похибки, наприклад: q_1 - координати ведучої ланки; q_2 - розміри ведучої ланки; q_3 - положення ланок тощо:

$$S = f(q_1, q_2, \ \dots \ , q_n). \tag{1}$$

Якщо параметри $q_1, q_2, \ldots, q_n$ вважати змінними, а їх приріст (невеликі відхилення від номінальних значень) первинними помилками, то вираз повного диференціалу функції багатьох змінних має вигляд:

$$dS = \frac{\partial f}{\partial q_1} dq_1 + \frac{\partial f}{\partial q_2} dq_2 + \ldots + \frac{\partial f}{\partial q_n} dq_n. \tag{2}$$

Вираз (2) можна представити як помилку положення веденої ланки (знак диференціалу заміняють знаком помилки), що є сумою декількох доданків - власних похибок:

$$\Delta S = \frac{\partial f}{\partial q_1}\Delta q_1 + \frac{\partial f}{\partial q_2}\Delta q_2 + \ldots + \frac{\partial f}{\partial q_n}\Delta q_n, \quad (3)$$

де $\Delta q_1, \Delta q_2, \ldots, \Delta q_n$ - первинні помилки параметрів $q_1, q_2, \ldots, q_n$.

Величина власної похибки визначається величиною первинної помилки Δq параметра і коефіцієнта впливу (частинної похідної функції по параметру $\frac{\partial f}{\partial q}$). На основі принципу незалежності дії помилок кожну частинну похибку можна знайти взявши похідну по цьому параметру, вважаючи всі інші параметри постійними.

Диференційний метод дозволяє знайти похибку механізму незалежно від її причин, якщо є функціональна залежність між положенням веденої ланки і параметрами, які мають помилки.

На рис. 1 приведена схема до визначення точності одноступеневого зубчасто-важільного планетарного механізму.

Врахувавши, що з т. D зв'язаний робочий орган, знайдемо похибку положення Δy_D ланки BD одноступеневого зубчасто-важільного планетарного механізму, яке визначається координатою y_D.

Похибка виникає через помилки у розмірах: кривошипу O_2C - Δe_1, відстані CB між віссю обертання шестерні та місцем шарнірного з'єднання з важелем BD - Δe_2, кута повороту осі симетрії сателітної кривої - $\Delta\varphi_C$, кута положення шестерні - $\Delta\varphi_5$, довжини важеля BD - Δl_{BD}. Положення ведучої ланки, яке визначається кутом φ_2, вважаємо таким, що відповідає заданому. В попередніх розрахунках для позначення положення сателітної кривої використовувався кут зсуву по фазі φ^*, який пов'язаний з кутом повороту сателітної кривої залежністю $\varphi^* = i\varphi_C$, тому в подальших розрахунках використовуємо $\Delta\varphi^*$.

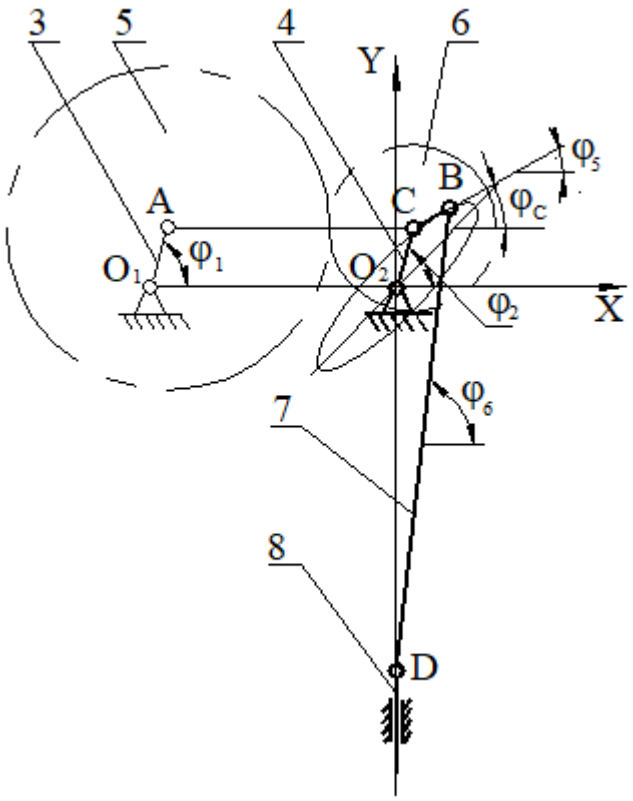


Рис. 1. Схема до визначення точності одноступеневого зубчасто-важільного планетарного механізму

Функцію положення робочого органу механізму представимо у наступному вигляді:

$$\begin{cases} e_1 \cdot \cos\phi_2 + e_2 \cdot \cos\left(\phi^* + \phi_5\right) + l_{BD} \cos\phi_6 = x_D, \\ e_1 \cdot \sin\phi_2 + e_2 \cdot \sin\left(\phi^* + \phi_5\right) + l_{BD} \sin\phi_6 = y_D. \end{cases} \quad (4)$$

Продиференцюємо систему рівнянь (4) по параметрам $e_1, e_2, \varphi^*, \varphi_5, l_{BD}, \varphi_6$.

Перше рівняння:

$$\frac{\partial x_D}{\partial e_1} = \cos\varphi_2; \quad (5)$$

$$\frac{\partial x_D}{\partial e_2} = \cos\left(\varphi^* + \varphi_5\right); \quad (6)$$

$$\frac{\partial x_D}{\partial \varphi^*} = -e_2 \sin\left(\varphi^* + \varphi_5\right); \quad (7)$$

$$\frac{\partial x_D}{\partial \varphi_5} = -e_2 \sin\left(\varphi^* + \varphi_5\right); \quad (8)$$

$$\frac{\partial x_D}{\partial l_{BD}} = \cos\varphi_6; \quad (9)$$

$$\frac{\partial x_D}{\partial \varphi_6} = -l_{BD} \sin \varphi_6 . \tag{10}$$

Друге рівняння:

$$\frac{\partial y_D}{\partial e_1} = \sin \varphi_2 ; \tag{11}$$

$$\frac{\partial y_D}{\partial e_2} = \sin\left(\varphi^* + \varphi_5\right); \tag{12}$$

$$\frac{\partial y_D}{\partial \varphi^*} = e_2 \cos\left(\varphi^* + \varphi_5\right); \tag{13}$$

$$\frac{\partial y_D}{\partial \varphi_5} = e_2 \cos\left(\varphi^* + \varphi_5\right); \tag{14}$$

$$\frac{\partial y_D}{\partial l_{BD}} = \sin \varphi_6 ; \tag{15}$$

$$\frac{\partial y_D}{\partial \varphi_6} = l_{BD} \cos \varphi_6 . \tag{16}$$

Так як Δy_D - сумарна функція первинних помилок, то додамо між собою рівняння (5)-(10) та (11)-(16) і перейдемо до повного приросту параметрів. В результаті отримаємо:

$$\begin{cases} \cos\varphi_2 \cdot \Delta e_1 + \cos\left(\varphi^* + \varphi_5\right) \cdot \Delta e - e_2 \cdot \sin\left(\varphi^* + \varphi_5\right) \cdot (\Delta\varphi^* + \Delta\varphi_5) + \\ \qquad + \cos\varphi_6 \cdot \Delta l_{BD} - l_{BD} \cdot \sin\varphi_6 \cdot \Delta\varphi_6 = \Delta x_D , \\ \sin\varphi_2 \cdot \Delta e_1 + \sin\left(\varphi^* + \varphi_5\right) \cdot \Delta e_2 + e_2 \cdot \cos\left(\varphi^* + \varphi_5\right) \cdot (\Delta\varphi^* + \Delta\varphi_5) + \\ \qquad + \sin\varphi_6 \cdot \Delta l_{BD} + l_{BD} \cos\varphi_6 \cdot \Delta\kappa_6 = \Delta y_D . \end{cases} \tag{17}$$

Із першого рівняння системи рівнянь (17) знайдемо

$$\Delta\varphi_6 = \frac{\cos\varphi_2 \cdot \Delta e_1 + \cos\left(\varphi^* + \varphi_5\right) \cdot \Delta e_2 - e_2 \sin\left(\varphi^* + \varphi_5\right) \cdot (\Delta\varphi^* + \Delta\varphi_5)}{l_{BD} \cdot \sin\varphi_6} +$$

$$+ \frac{\cos\varphi_6 \cdot \Delta l_{BD} - \Delta x_D}{l_{BD} \cdot \sin\varphi_6} . \tag{18}$$

Похибка кута $\Delta\varphi_6$ є невідомою величиною, яка виникає через раніш перераховані первинні помилки.

Підставивши вираз (17) в друге рівняння системи (18), отримаємо вираз для визначення похибки положення механізму:

$$\Delta y_D = \frac{\cos\left(\varphi_2 - \varphi_6\right)}{\sin\varphi_6} \Delta e_1 + \frac{\cos\left(\varphi^* + \varphi_5 - \varphi_6\right)}{\sin\varphi_6} \Delta e_2 + \frac{e_2 \sin\left(\varphi_6 - \varphi^* - \varphi_5\right)}{\sin\phi_6} \Delta\varphi^* +$$
$$+ \frac{e_2 \cdot \sin\left(\varphi_6 - \varphi^* - \varphi_5\right)}{\sin\varphi_6} \Delta\varphi_5 + \frac{1}{\sin\varphi_6} \Delta l_{BD} - ctg\varphi_6 \cdot \Delta x_D , \tag{19}$$

що виражений через відомі величини. Значення кута φ_6 знаходимо в залежності від φ_2.

Вираз для визначення похибки положення робочого органу одноступеневого зубчасто-важільного планетарного механізму (19) представлений у вигляді суми частинних похибок, обумовлених первинними помилками, що дає можливість оцінити питому вагу кожної з них.

Для оцінки точності механізму необхідно визначити його первинні похибки, які пов'язані з виготовленням та експлуатацією. Якщо механізм існує в проекті і первинні похибки неможливо визначити безпосереднім вимірюванням, то їх величину визначають по граничним відхиленням розмірів, які вказані на кресленнях деталей [4]. При цьому похибку механізму визначають методом розрахунку на «максимум-мінімум», вважаючи, що помилки ланок мають гранично допустиму величину і при зборці – найбільш несприятливі сполуки. Ця похибка механізму буде заздалегідь більше дійсної.

При відсутності відомостей про способи виготовлення деталей існує можливість прорахунку механізму на точність по допускам на виготовлення δ_i [4]. Найбільша вірогідна помилка механізму в цьому випадку визначається за формулою:

$$\Delta S_{\max} = \sqrt{\sum \left(\frac{\partial S}{\partial q_i} \right)^2 \delta_i^2} \,. \tag{20}$$

Величина отриманої помилки буде ближче до дійсної, чим підрахована по методу «максимум – мінімум», але також є наближеною, так як тут не враховані закономірності розподілення помилок, зв'язаних з процесом виробництва.

Висновки

Отже для оцінки точності одноступеневого зубчасто-важільного планетарного механізму необхідно визначити числові значення первинних помилок параметрів $e_1, e_2, \varphi^*, \varphi_5, l_{BD}$.

Для лінійних параметрів e_1, e_2, l_{BD} - первинні помилки можливо виразити як допуск на виготовлення деталей по певному квалітету точності. Первинна помилка параметра φ^* в лінійних величинах може бути визначені від допуску на кут налаштування. Допуск на параметр φ_5 залежить від точності зубчастої передачі, яка в свою чергу визначається через параметри зубчастого механізму.

Бібліографія

1. Смутко С. В. Перспективи створення основов'язальної машини з високим ступенем уніфікації механізмів робочих органів / С. В. Смутко. // Вісник технологічного університету Поділля. – 2000. – №3. – С. 89–33.
2. Неймак В. С. Кінематичні дослідження одноступеневого зубчато-важільного планетарного механізму за допомогою системи параметричного моделювання / В. С. Неймак, Г. Б. Параска, С. В. Смутко. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – №6. – С. 28–32.
3. Неймак В. С. Аналітичні дослідження одноступеневого зубчасто-важільного планетарного механізму / В. С. Неймак, Г. Б. Параска, С. В. Смутко. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – №2. – С. 96–99.
4. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин / Я. Т. Кіницький. – Київ: Наукова думка, 2002. – 660 с. 118.

5. Кинематика, динамика и точность механизмов: Справочник / Под ред. Г.В. Крейнина - М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
6. Теоретична та прикладна механіка. Короткий курс /О.Д. Романюк, Л.П. Теліпко, С.В. Ракша. Кам’янське: ДДТУ, 2021. 282 с.

FORMATION OF THE DEPENDENCE OF EXTERNAL FRICTION ON DYNAMIC STRAIN AGEING OF STEEL

Sokolan Iu., Sokolan K., Maidan P.
Khmelnitskiy National University, Ukraine

Abstract. The article studies amplitude-dependent and amplitude-independent internal friction on the natural ageing process. The research is carried out for steel 45 in the state of hardening, low temperature and high temperature tempering.

As a result of the tests, it is found that the natural ageing process of steel is characterized by an initial increase in internal friction. This increase is explained by the development of resting processes in the steel structure, followed by a decrease in internal friction. The subsequent decrease is explained by the blocking of dislocations.

Also, based on the experimental data obtained, it is shown that external friction processes slow down the development of strain aging in the case of martensitic structures. At the same time, external friction of highly tempered steel at the late stages of ageing significantly activates the process of deformation ageing.

Keywords: Hardening, tempering, internal and external friction, dynamic strain aging, natural aging, thermal treatment of steel.

Introduction

In case of external friction, relaxation of contact stresses can be accompanied by de-strengthening, unchanged mechanical properties or strengthening (elasticity growth). The result depends on the degree of stability of the metal structure and the temperature-velocity mode of deformation. At cyclic dynamic loading of the zones of actual contact the processes of stress relaxation in metals are closely connected with internal friction, having the same mechanisms. Therefore, the measure of the relaxation capacity of the material and the degree of stress relaxation can be the level of internal friction corresponding to a given amplitude of cyclic stresses and strain rate.

Examples of relaxation processes in steel friction are stress relaxation during dynamic strain aging (DSA) and stress tempering – dynamic aging (DA). In the first case, diffusive rearrangement leads to hardening due to blocking of fresh dislocations induced by deformation by atmospheres and segregations of impurity atoms (carbon and nitrogen).In the second type of aging in metastable systems (e.g., after hardening), in addition to DSA, a heterogeneous structure is formed with the release of finely dispersed excess phases (carbide and nitride particles) that impede viscous flow (relaxation hardening) [1, 2]. The efficiency of the development of these relaxation phenomena depends on the consistency of the diffusion processes of introduction atoms and dislocation rearrangement, which, in turn, depend on the strain rate and temperature regime. On the other hand, relaxation de-strengthening with the growth of dissipative capacity can occur, for example, when large-dispersed (coagulated) particles of the excess phase are released.

The high efficiency of conversion of the input mechanical energy into heat (up to 90%) testifies to the close connection between external and internal friction. Depending on the level of contact stresses, the dissipation process is carried out by different mechanisms of amplitude-independent and amplitude-dependent internal friction, which are simultaneously stress relaxation mechanisms. This paper studies the change of relaxation capacity during natural ageing after heat treatment of steel, as well as during deformation ageing after external friction. The corresponding mechanisms of structure stabilization during ageing are analyzed.

Research methodology

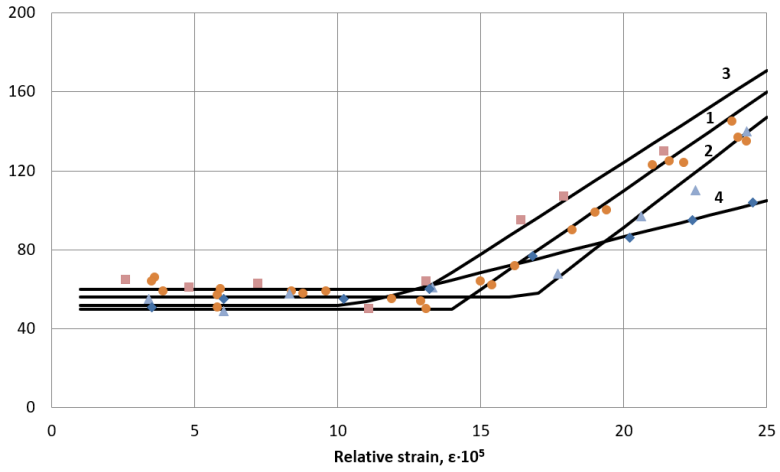
Steel 45 was studied in the state of hardening (in water from the temperature of 850 ºC), as well as in the state of low-temperature (200 ºC) and high-temperature (600 ºC) tempering. The samples were subjected to natural ageing immediately after heat treatment and after external friction at 20°C for 14 days with intermediate measurements of the logarithmic decrement of oscillations of the samples (internal friction). The change in the oscillation decrement was investigated using a torsion pendulum [3], in the region of amplitude-independent (AIIF) and amplitude-dependent (ADIF) internal friction.

Tribotechnical tests were carried out at contact load P = 10 N and sliding velocity V = 0.34 m/s at the installation described in [4]. The friction path was 300 m. The samples were subjected to initial running-in for oxide removal at the same contact load and friction velocity. The running-in friction path was 50 m.

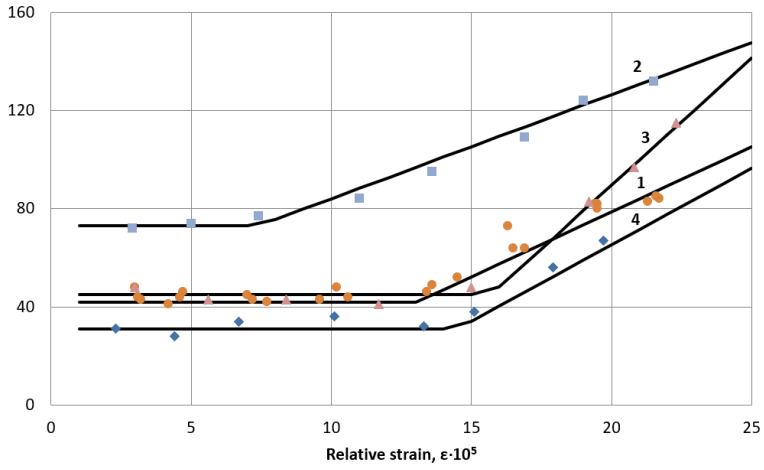
Results and discussion

Fig. 1 shows examples of amplitude dependences of internal friction of steel after heat treatment and different times of subsequent ageing (natural ageing).

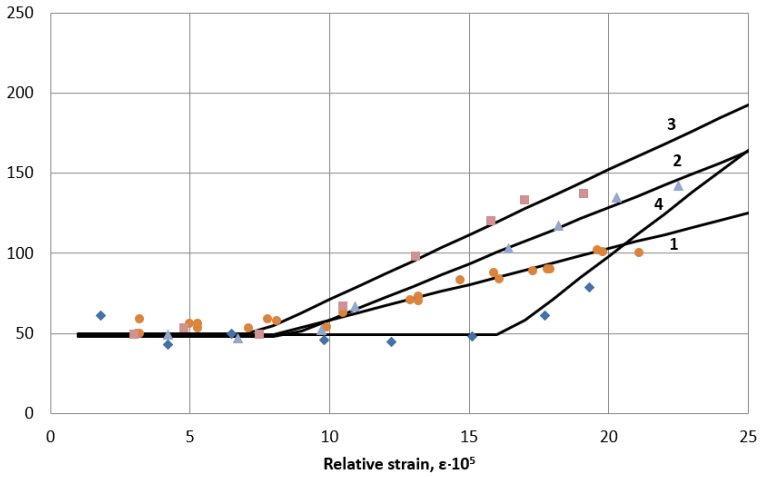
Steel immediately after hardening has a metastable structure of supersaturated solid solution (martensite) with a high density of slow-moving dislocations formed as a result of phase riveting. Steel in this state at high hardness has significant microplasticity and relatively low modulus of elasticity.



a)



b)



c)

Fig. 1. Amplitude dependences of internal friction of steel after heat treatment and different holding times:
a - hardening; b - tempering 200°C; c - tempering 600°C
(1 - initial state, 2, 3, 4 - respectively 2, 4, 9 days of holding time)

Tempering at 200°C causes a significant decrease in internal friction and increase in the elasticity of steel due to the decomposition of martensite with the release of highly dispersed particles of metastable ε-carbide coherently bound to the matrix (I transformation), as well as due to the decomposition of residual austenite ($\gamma_{ost} \rightarrow \alpha + K$) with the formation of low-carbon martensite and dispersed carbides (II transformation) [5]. In spite of the fact that a part of carbon is transferred to carbides, a high density of dislocations remains in the thin twins of martensite, which are fixed by segregations of atoms of introduction (C + N) and separated carbide particles. The mobility of dislocations becomes minimal and the structure stabilizes, gaining high elasticity and relaxation resistance.

At tempering temperatures above 400°C phase transformations do not occur, and the processes of coagulation and subsequent spheroidization of carbides develop. Plate ferrite is transformed into granular ferrite with crushing of mosaic blocks, forming at T_{temp} = 600°C the so-called sorbitite of tempering. In this case the density of mobile dislocations decreases and internal friction decreases.

Amplitude-independent internal friction (AIIF) corresponds mainly to losses due to oscillations of short dislocation segments of length L_c located between the nearest impurity atoms locally anchoring dislocations (background of internal friction). Energy dissipation is related to the phase lag of deformations from applied stresses during periodic bending of such dislocation segments. The strain after which the internal friction becomes dependent on its amplitude corresponds to the beginning of dislocation detachment from impurity atmospheres. At the same time, dislocations remain fixed in the nodes of the dislocation mesh, causing losses in the oscillatory motion of L_N segments (dislocation hysteresis). When the strain amplitude increases further, dislocations break away from the nodes of the dis-location grid, forming dislocation loops, the movement of which causes microplastic deformation. Amplitude-dependent internal friction (ADIF) carries information about the dislocation structure of metals, the interaction of dislocations with impurity atoms, and the mechanisms of mechanical energy dissipation under cyclic loading [6, 7].

Figure 2 shows examples of amplitude dependences of internal friction of heat-treated steel after external friction and different strain aging times.

It is known [1] that deformation aging occurs after plastic deformation, if it takes place at a temperature below the recrystallisation temperature and develops within 15... 16 days at 20°C or within a few minutes at 200... 350°C. 16 days at 20°C or within several minutes at 200...350°C. At the same time hardening occurs, which is mainly due to the deterioration of the conditions of dislocation movement and the formation of carbide and nitride phases (during heating). The change of steel properties, characteristic for deformation ageing, occurs only if:

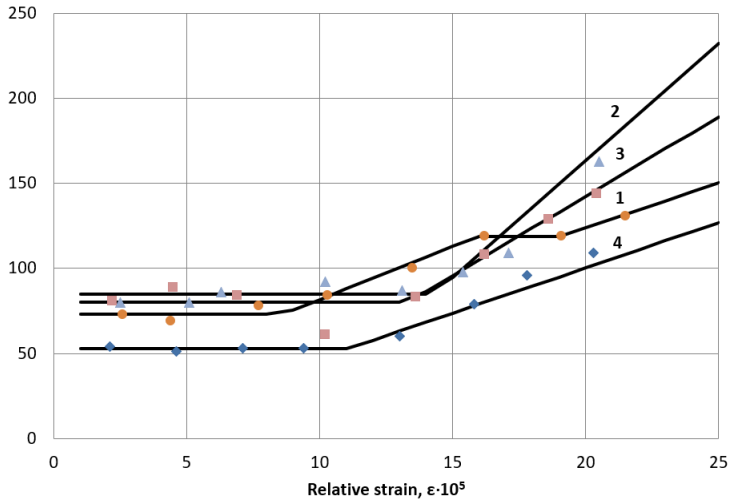
1) a certain number of "fresh" dislocations are introduced into the metal by deformation;

2) the concentration of impurity atoms, which can effectively interact with these dislocations, exceeds 10-4% (by mass).

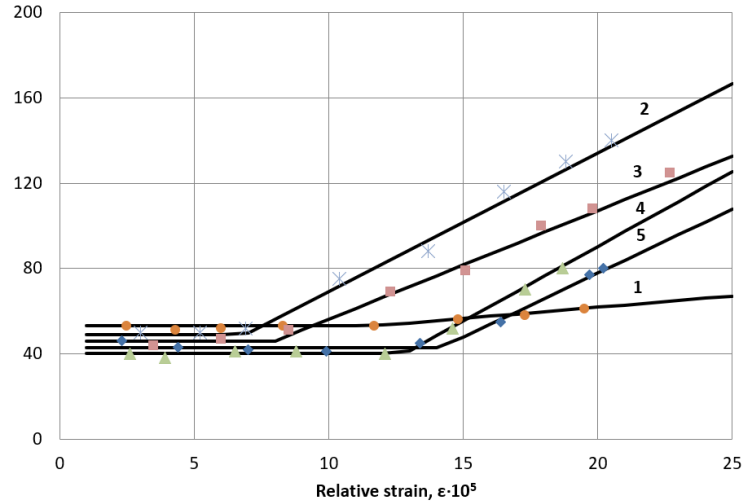
The mechanism of deformation aging is based on the interaction of impurity atoms with dislocations introduced by deformation. The result of this interaction is a change in the arrangement of impurity atoms in the metal volume compared to the arrangement that existed immediately after deformation.

Based on the data of Figs. 1 and 2, Fig. 3 shows the change of low-amplitude (amplitude-independent) internal friction of heat-treated steel in the process of natural ageing.

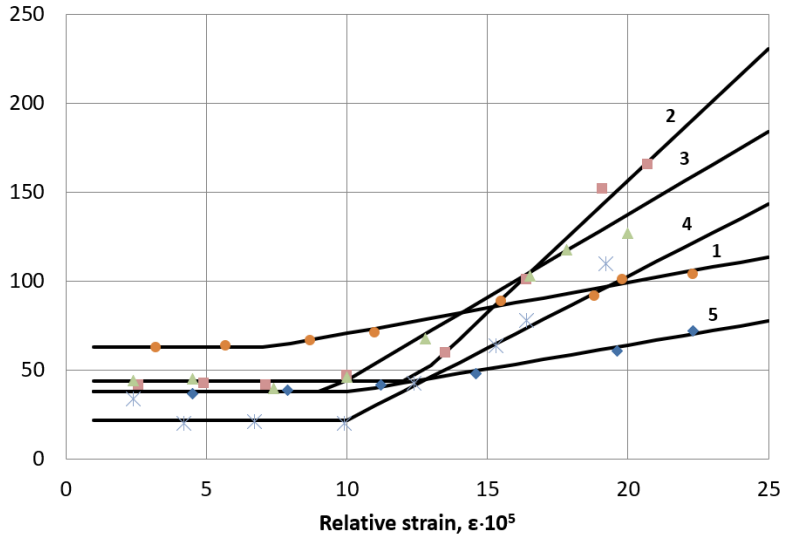
Comparison of the values of oscillation decrement shown in Fig. 3 values of the decrement of oscillations of samples before the beginning of their ageing (aging) shows that external friction increases the AIIF of all investigated structures obtained after heat treatment. Apparently, it is caused by weakening of the degree of fastening of dislocation segments L_c due to activation of diffusive rearrangement of introduction atoms (C+N) and their atmospheres under frictional influence.



a)

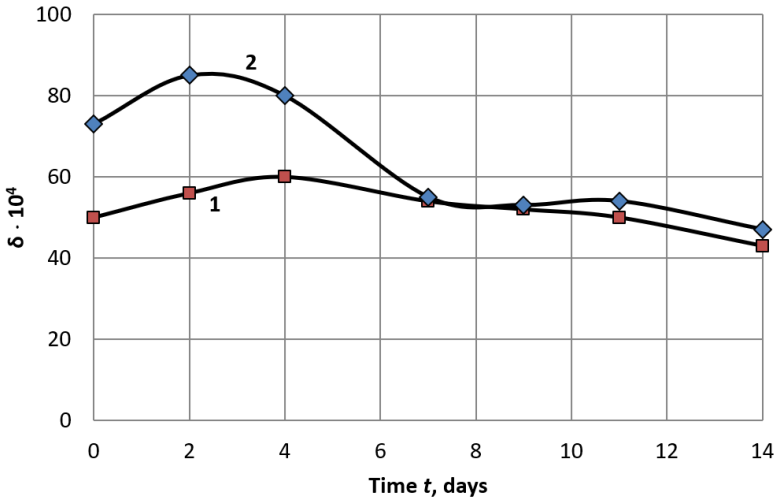


b)

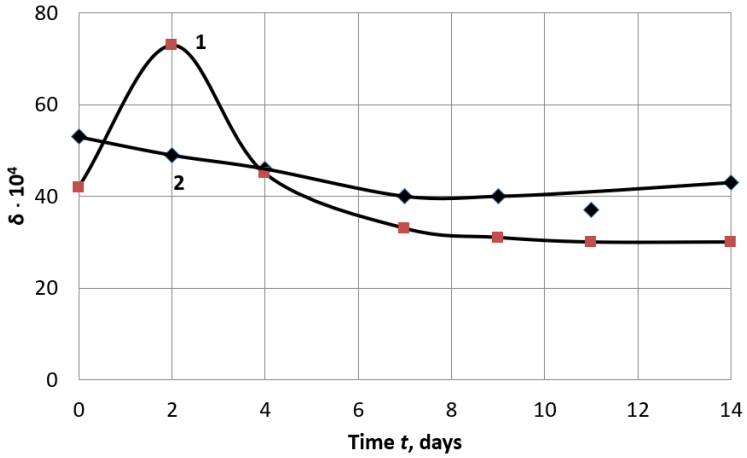


c)

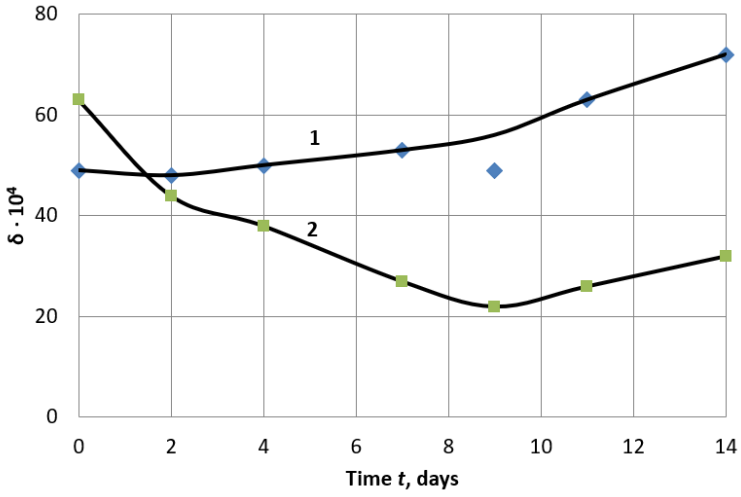
Fig. 2. Amplitude dependences of internal friction of heat-treated steel after external friction and different post-treatment times:
a - hardening; b - tempering 200°C; c - tempering 600°C
(1 - initial state, 2, 3, 4, 5 - respectively 2, 4, 9, 14 days of holding time)



a)



b)



c)

Fig. 3. Change of AIIF ($\varepsilon = 5 \cdot 10^{-5}$) in the process of natural ageing: a - hardening; b - tempering 200°C; c - tempering 600°C (1 - after heat treatment; 2 - after subsequent external friction)

Natural aging (without friction) of samples with hardened and low-tempered structures is accompanied by an initial increase in decrement (after 2-4 days) followed by its continuous decrease (Fig. 3 a, b; curve 1). External friction forms a higher level of AIIF of martensite already at this stage of strain aging (Fig. 3 a; curve 2). The same effect is observed for tempered martensite at later stages of ageing (Fig. 3 b, curve 2).

Natural ageing of highly tempered steel (T_{temp} = 600°C) after heat treatment is characterized by a continuous increase in decrement (Fig. 3 c, curve 1). At the same time, after external friction, deformation ageing of such steel is accompanied by a significant decrease in amplitude-independent internal friction (Fig. 3 c, curve 2).

Highly tempered steel (T_{temp} = 600ºC) is not prone to DSA, so with increasing dislocation density in the used speed mode of external friction (V = 0.34 m/s) dislocation mobility decreases mainly due to mutual blocking, leading to a decrease in toughness and embrittlement (mechanical riveting).

Similar to the above, based on the data of Figs. 1 and 2, Fig. 4 illustrates the change of amplitude-dependent internal friction (ADIF) in the aging process.

Comparing the initial values of decrement for all investigated structures, we can see that in contrast to small amplitudes of excitation of oscillations (see Fig. 3), the decrement of oscillations in the region of amplitude-dependent internal friction after external friction decreases, indicating the development of dynamic strain aging under conditions of frictional interaction, when the length of dislocation segments L_N decreases and the degree of their fixation in the nodes of dislocation mesh increases.

At the same time, the increased diffusive mobility of point defects (embedding atoms, vacancies, dislocated atoms) caused by external friction at the initial stage of static aging (2-4 hours exposure time) leads to a partial unblocking of dislocations, which is accompanied by an increase in ADIF both in relation to the initial value and in relation to samples not subjected to external friction. This feature is most characteristic of the hardening structure (Fig. 4 a).

For low- and high-tempered structures (Fig. 4 b, c), the initial unblocking of dislocations with increasing ADIF level is observed both at strain aging of samples subjected to external friction and at natural aging of heat-treated samples without friction.

From the data shown in Fig. 4 it follows that external friction, without significantly affecting the general character of decrement change in the process of natural ageing of steel immediately after heat treatment, slows down the development of strain ageing of martensitic structures (Fig. 4 a, b; curve 2), but significantly activates this process in the case of high-tempered steel at late stages of ageing (Fig. 4 c, curve 2).

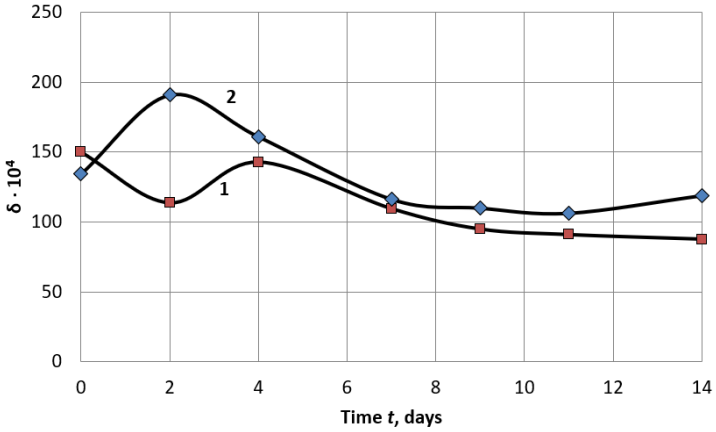
Aging for 2-4 days after friction promotes the development of resting processes associated with desorption of introduction atoms in a heterogeneous field of residual stresses both from inter-crystalline zones and from intra-grain defects of crystalline ageing. This is accompanied by a decrease in the viscosity of grain boundary flow and a decrease in the degree of dislocation anchoring, which is manifested in the observed initial increase in the decrement of internal friction oscillations directly after external friction tests.

Usually, the main points of dislocation anchoring are dislocation mesh nodes, impurity atoms, dislocated atoms and vacancies.

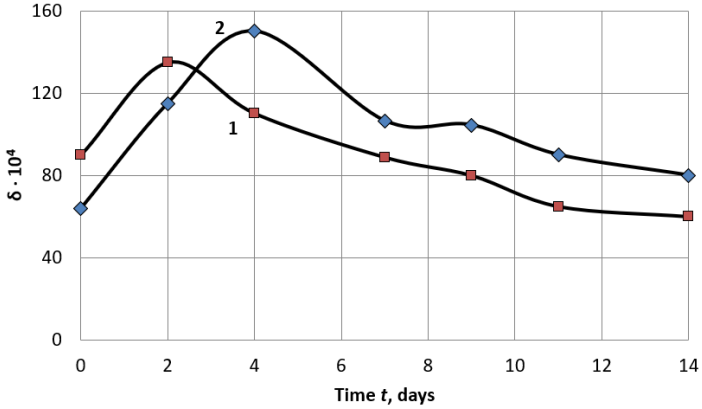
Hardening, forming a metastable structure with a high concentration of impurity atoms (C+N) in solid solution, contributes to the strengthening of the DSA effect in friction. This accelerates the decomposition of martensite and transformation of residual austenite with the release of highly dispersed carbide particles. This causes the so-called stress tempering (dynamic aging), which results in structural relaxation due to diffusion redistribution of impurity atoms with the formation of new phases [2]. The carbide particles released in this process have high dispersibility and increased concentration due to the increase in the number of nucleation centers of the carbide phase. As a result, the resistance of steel to small plastic

deformations increases and the relaxation resistance increases as a result of relaxation of stresses generated in the process of martensitic transformation.

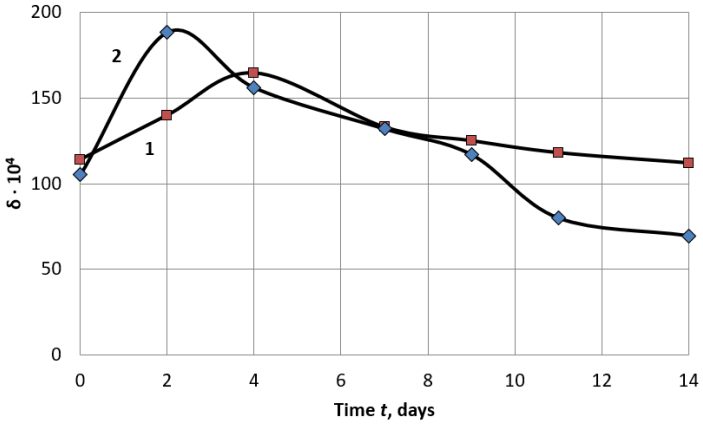
Friction of low-tempered steel (T_{temp} = 200ºC), which has high elasticity and relaxation resistance in the initial state, leads to the summation of thermal hardening and dynamic deformation ageing, which causes an additional increase in relaxation resistance (reduction of viscosity and dissipative capacity). Thus, steel tempered at 200ºC shows the lowest ability to dissipate mechanical energy and the greatest stability of relaxation properties after external friction.



a)



b)



c)

Fig. 4. Change of ADIF ($\varepsilon = 22 \cdot 10^{-5}$) in the process of natural ageing: a - hardening; b - tempering 200°C; c - tempering 600°C(1 - after heat treatment; 2 - after subsequent external friction)

After external friction, inhomogeneous highly distorted areas of the crystal lattice are formed in the near-surface layers of the metal, which is especially characteristic of grain boundaries consisting of dislocated atoms and many vacancies. Carbon and nitrogen atoms are introduced into these intergranular imperfections. As a result, due to the structural inhomogeneity of the solid solution, there is a non-uniform distribution of introduction atoms with the formation of so-called internal adsorption zones with increased concentration of impurity atoms [2]. Inside the grains it is also possible to form adsorption zones on crystal defects, but they bind the introduction atoms (C+N) less strongly than the grain boundaries.

Conclusions

1. Under the influence of external friction, the amplitude-independent internal friction of steel increases, which is caused by the weakening of the degree of fixation of dislocation segments due to the activation of diffusive rearrangement of introduction atoms and their atmospheres under the conditions of frictional influence.

2. After external friction amplitude-dependent internal friction decreases, which indicates the development of dynamic strain aging under conditions of frictional interaction, when the length of dislocation segments decreases and the degree of their fixation in the nodes of the dislocation grid increases.

3. natural aging of heat-treated samples with the structure of hardening and low-temperature tempering is accompanied by an initial growth of amplitude-independent internal friction and its subsequent continuous decrease. In the case of high-temperature tempered steel, natural aging causes a continuous increase in the oscillation decrement.

4. Natural ageing of steel (after heat treatment and after friction) proceeds, as a rule, in two stages. The initial growth of internal friction is caused by the development of resting processes associated with desorption of introduction atoms in a heterogeneous field of residual stresses, which is supported by a decrease in the viscosity of the flow of grain boundaries and a decrease in the degree of fixation of dislocations. At later stages, dislocation blocking processes prevail, which is manifested in decreasing decrement, as a rule, below the initial values.

5. External friction does not significantly affect the character of change in the decrement of oscillations in the process of natural aging immediately after heat treatment. At the same time, external friction slows down the development of strain aging of martensitic structures, but significantly activates this process in the case of high-temperature tempering at late stages of ageing.

Bibliography

1. Babych V.K., Gul Yu.P., Dolzhenkov I.E. (1972). *Deformation ageing of steel*. M.: Metallurgy. 320 p.
2. Pastuhova Zh.P., Rahshtadt A.G., Kaplun Yu.A. (1985). *Dynamic ageing of alloys*. M.: Metallurgy. 223 p.
3. Shevelya V.V., Trytek A.S., Sokolan Iu.S. (2012). *Effect of steel heat treatment on the formation of friction bonds and their dissipative properties*. Problems of tribology, No. 3, p. 6-14.
4. Shevelya V.V., Sokolan Iu.S. (2014). *Processes of dynamic ageing of steel under external friction*. Problems of tribology, No. 3, p. 6-13.
5. Belous M.V., Cherepin V.T., Vasiliev M.A. (1973). *Transformations during tempering of steel*. M.: Metallurgy. 231 p.
6. Krishtal M.A., Piguzov Yu.V., Golovin S.A. (1964). *Internal friction in metals and alloys*. M.: Metallurgy. 247 p.

7. Krishtal M.A., Golovin S.A. (1976). *Internal friction and structure of metals*. M.: Metallurgy. 376 p.

WIND TURBINE MONITORING BASED ON ANALYSIS OF THE GENERATED ELECTRICITY STATISTIC PARAMETERS

Stepanchikov D., Petrenko A., Gogol I.
Kherson National Technical University, Ukraine

Abstract. The rapid development of wind energy is accompanied by many problems and challenges, the main ones being the relatively low reliability, availability ratio and profitability of wind turbines. Maintaining a large number of wind turbines is a significant challenge for the modern and future energy industry. To make wind energy competitive, it is necessary to reduce operating costs and improve reliability. The most effective way to achieve this goal is to perform maintenance based on interactive condition monitoring and fault detection.

Most of the existing operational methods of monitoring the condition of wind turbines require the use of additional sensitive elements that are fixed on individual wind turbine elements are difficult to access and are prone to failure. This fact may cause additional costs in the wind turbine maintenance system. In this sense, the monitoring methods based on the current signals in the wind turbine generator circuit are advantageously different. Such methods do not require sensitive sensors, and therefore are more advantageous in terms of cost, implementation and reliability.

The information contained in the generated wind turbines electrical signals can be represented by a whole set of characteristics of amplitude, time, energy and frequency parameters. The Principal Component Analysis method allows you to reduce the dimensionality of the data, losing the least amount of information. The basis of the method is the idea of constructing a linear transformation of features, in which the signal/noise ratio decreases in the new coordinate system.

It is shown that dynamic imbalance faults make up the main part of wind turbines defects. The characteristic frequencies of dynamic imbalance appear at the main frequency of the wind turbine. This makes it possible to use them as a sign for monitoring and analyzing the defects of the wind turbines dynamic imbalance.

On the basis of a model experiment on the dynamic unbalancing of wind turbine, a set of statistical characteristics obtained from the signal in the time domain was selected, and their statistical processing and analysis was carried out. A new informational diagnostic parameter is established in the form of the first principal component, which allows combining a set of statistical characteristics of current signals while reducing the noise component. It is shown that the first principal component can be used as an health indicator of the wind turbine aerodynamic part. The possibility of applying the exponential degradation model for forecasting the Remaining Useful Life of the wind turbine based on the analysis of generator current signals is shown.

The application of the modified method of power spectral density to the wind turbine current signals for the purpose of sensorless monitoring of dynamic imbalance faults is substantiated. It is shown that such methods are characterized by significant economic benefit and potential.

Keywords: wind turbine, monitoring, imbalance faults, principal component analysis, exponential degradation model.

Introduction. Wind energy is a branch of the energy industry that is dynamically developing in many leading countries. However, increased wind loads and the lack of human control over the operation of wind power plants create high risks of their operation. The most common accidents in the operation of wind power plants are the destruction of blades due to excessive rotor rotation frequency, overheating of the generator windings, and the destruction of the structure due to increased vibration fluctuations. The rapid development of wind energy is accompanied by many problems and challenges, the main ones being the relatively low reliability, availability ratio and profitability of wind turbines. Maintaining a large number of wind turbines is a significant challenge for the modern and future energy industry.

Modern wind power plants consist of more than 8000 parts, have a complex electromechanical system with a multi-component structure. In addition, wind turbines are usually located in remote or oceanic areas, where severe technological conditions can cause

damage to wind turbines and create additional complications for maintenance. Operating costs for onshore and offshore wind turbines are in the range of 10-15% and 20-35% of the total cost of generated electricity, respectively. To make wind energy competitive, it is necessary to reduce operating costs and improve reliability. The most effective way to achieve this goal is to perform maintenance based on interactive condition monitoring and fault detection.

Most of the existing operational methods of monitoring the condition of wind turbines require the use of additional sensitive elements that are fixed on individual wind turbine elements are difficult to access and are prone to failure. This fact may cause additional costs in the wind turbine maintenance system. In this sense, the monitoring methods based on the current signals in the wind turbine generator circuit are advantageously different. Such methods do not require sensitive sensors, and therefore are more advantageous in terms of cost, implementation and reliability.

The information contained in the generated wind turbines electrical signals can be represented by a whole set of characteristics of amplitude, time, energy and frequency parameters. The Principal Component Analysis (PCA) method allows you to reduce the dimensionality of the data, losing the least amount of information. The basis of the method is the idea of constructing a linear transformation of features, in which the signal/noise ratio decreases in the new coordinate system.

The work aim is to justify the possibility of creating a system monitoring and forecasting the residual resource of the aerodynamic part of the wind power plant in real time based on the analysis of the generated electrical signals statistical parameters by using PCA method with exponential degradation model.

Literary review

Imbalance faults make up a significant part of all wind turbine defects. Even a small imbalance defect can cause significant negative consequences on the support tower, blades and generator of the wind turbine. Due to the specifics of the structure of wind turbines and the significant cost of restoration, effective monitoring and diagnosis of imbalance faults are of great interest to the wind energy industry.

Shaft/blade imbalances are the main imbalance defects. Unbalancing of the blade can be caused by errors in production and installation, icing, deformations due to aging, wear and fatigue during wind turbine operation. The assemblies and gears tend to wear differently over time, causing an imbalance on the shaft or blades when rotating. Another common imbalance defect is aerodynamic asymmetry, which can be caused by several factors, including strong wind shear and errors in the control mechanism. If the angle of rotation of one blade is slightly different from the other two blades, the torque on the shaft will not be balanced, which will cause aerodynamic asymmetry [1-4].

Several methods of signal processing were previously used to detect wind turbine imbalance faults, including the classical method of spectral density [5], bicoherent analysis [6-8], time-frequency analysis [7-9], amplitude demodulation [7,8,10], intelligent data collection [11]. The classical method of spectral density and bicoherent examination can recognize imbalance defects on the basis of their characteristic frequencies. However, this option is available only for stationary signals. Time-frequency analysis and amplitude demodulation methods can capture defect characteristics from non-stationary signals. However, they cannot clearly distinguish unbalance defects from interferences that have similar characteristics in the time or frequency domain. In addition, these methods usually have a low resolution and require significant computing resources [12].

Based on measurements of generator current signals (non-mechanical, sensorless) methods of monitoring wind turbine imbalance faults do not require any additional sensors for data collection. In addition, the generated electrical current signals are reliable and easily

accessible on the ground without visiting individual wind turbine nodes. Therefore, such fault monitoring methods are characterized by significant economic benefit and potential, which will be needed for the wind energy industry [12].

However, there are certain problems in using current signals to monitor unbalance defects. First, the characteristic frequencies of imbalance faults depend on the shaft rotation frequency, which is known as the 1P frequency. Since the 1P frequency of the wind turbine usually changes depending on the wind speed, this creates the problem of obtaining the signature of the imbalance fault from the unsteady wind turbine stator currents when using traditional methods of spectral analysis. In addition, the dominant component of the current signal is the component of its fundamental frequency. Therefore, the useful information in the current signals has a low signal-to-noise ratio, which significantly complicates the wind turbine faults monitoring. These problems were eliminated in the modified method of power spectral density (PSD method) [13,14]. In the proposed method, the variable frequency of wind turbine shaft rotation is first estimated according to the phase current of the generator stator, and then the received frequency signal is processed in such a way that the variable characteristic frequencies of the imbalance faults becomes constant values.

Methodology

When a dynamic imbalance defect occurs on the blade, an additional force F_{im} appears on the turbine shaft, which rotates at the turbine's rotational speed. When the blade is unbalanced, this additional centrifugal force can be expressed by the equation [13]:

$$F_{im} = m_R r_R \omega^2, \quad (1)$$

where m_R – equivalent imbalance mass, r_R – the distance between the equivalent imbalance mass and the center of the shaft, ω – shaft rotation speed.

Figure 1(a) shows the effect of dynamic imbalance of a wind turbine blade. During the rotation of wind turbine with a dynamic imbalance on the shaft, the vibration of the system is mainly in the horizontal direction, due to greater stiffness in the vertical direction and less stiffness in the horizontal direction. The horizontal component of the force F_c is defined as follows [12-14]:

$$F_C = F_{im} sin(\omega t + \varphi), \quad (2)$$

where φ – initial phase of force F_c.

Therefore, the vibration at the wind turbine rotation speed frequency, which is known as the 1P frequency, appears at the moment of rotation of the shaft. In the steady state, the mechanical force is equal to the electrical force, which is proportional to the output electrical power. Therefore, the 1P component also appears in the output signal of the electrical power of the wind turbine system [12-14].

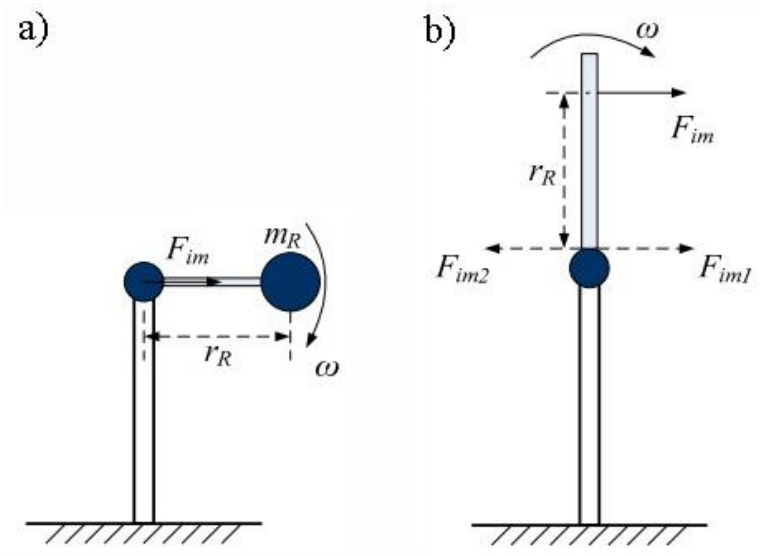


Fig. 1. The dynamic imbalance (a) and aerodynamic asymmetry (b) effects of a wind turbine blade

With the aerodynamic asymmetry of the wind turbine blade, the equivalent force F_{im} on the shaft is equal to [12-14]:

$$F_{im} = \frac{T_a}{r_a}, \tag{3}$$

where T_a – torque created by aerodynamic asymmetry, r_a – equivalent length of the force arm.

The effect of aerodynamic asymmetry is explained in fig. 1(b). The asymmetry force F_{im} can be interpreted as the equivalent of three forces F_{im}, F_{im1}, F_{im2} applied to the rotor, where the values of F_{im}, F_{im1}, F_{im2} are equal and F_{im1} is oppositely directed to F_{im2}. Among the three forces, F_{im} and F_{im2} generate torque to rotate the air turbine rotor, and F_{im1} causes the shaft to oscillate.

For model studies of the imbalance effects, a dynamic model of a 100 kW direct transmission wind turbine was created in the combined computer environment of FAST (Fatigue, Aerodynamics, Structures and Turbulence) and Simulink/Matlab (fig. 2). FAST is used to model the aerodynamic part of the wind turbine, which includes a support tower, blades, a shaft, and a rotating nacelle. The height of the nacelle of the three-blade wind turbine is 25 m, the diameter of the blades is 18 m, and the rotation frequency is 45 rpm (0.75 Hz). Simulink is used to modeling of permanent magnets synchronous generator with 48 poles and other electrical parts of wind turbine, as well as wind load [15].

Obtaining a sign of a defect of the wind turbine dynamic imbalance depending on the operating mode (constant or variable speed of shaft rotation) includes the use of the fast Fourier transformation or the 1P-invariant method of the power spectral density.

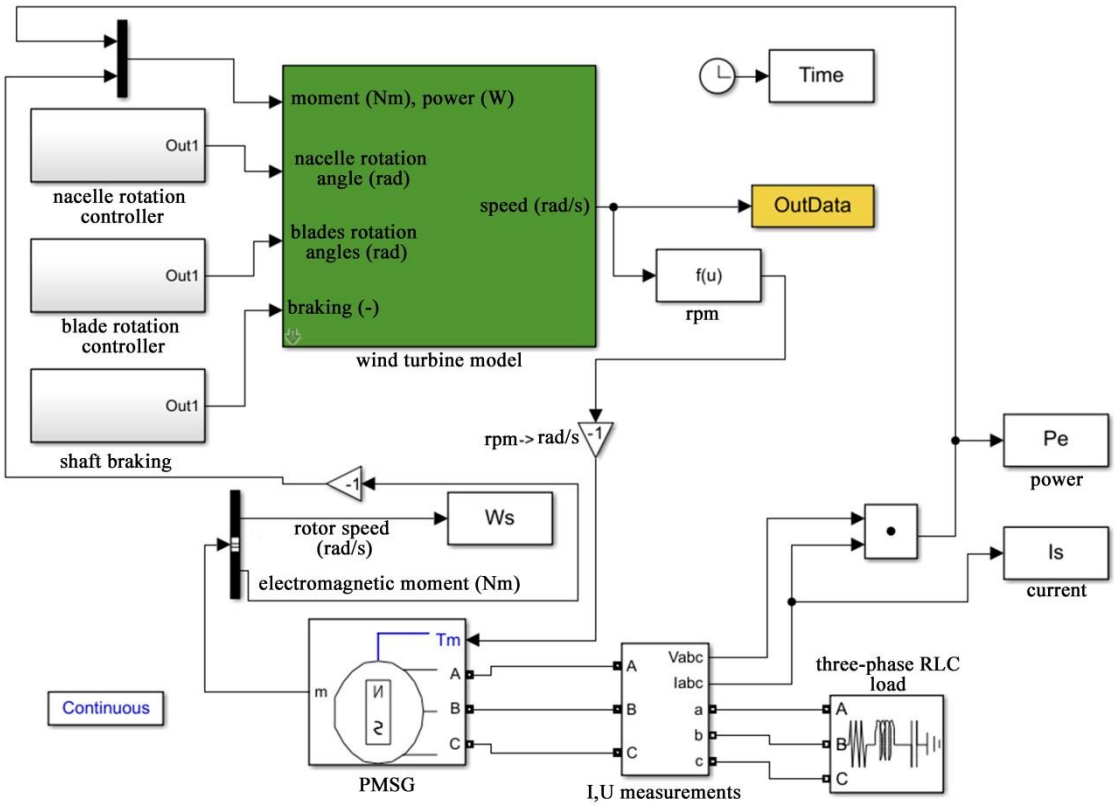


Fig. 2. Model of a wind power plant implemented in FAST/Simulink software

The paper presents a method of using the wind turbine stator current for monitoring and analyzing the dynamic imbalance faults of wind turbine with direct transmission. In the proposed method, the variable wind turbine shaft speed is first estimated based on the measured values of the stator phase current, and then the received frequency signal is processed so that the variable characteristic frequencies of the imbalance become constant values. The variable 1P characteristic frequency of the dynamic imbalance defects of the blade is transformed into a constant value of 0.75 Hz. Therefore, the signs of imbalance defects can be clearly determined by studying the power spectral density signals depending on the frequency of shaft rotation.

Blade imbalance is modeled by scaling the mass of one or more blades, which creates an uneven distribution of mass relative to the rotor. Different scenarios are simulated with masses that are configured both to decrease weight compared to the standard case and to increase. The degree of reduction (increase) in the blades mass is given as a percentage. The described scenarios are compared with each other and with the operation of wind turbine in normal mode (so-called base or standard case).

Experiment

During the model studies, ten scenarios were created with different dynamic imbalance values of the blades Δm/m, which was successively increased from 0% (normal operation mode) to 14% (emergency operation mode, destruction of the blades). Figure 3 shows the PSD current signals of the wind turbine in the frequency and time domain. Excitations occur at a frequency of 1P. It can be seen that as the value of blade imbalance increases, the excitation value at the 1P frequency increases, and the signal becomes noisier. On the other hand, no excitation is observed at the 1P frequency for wind turbines with standard blades.

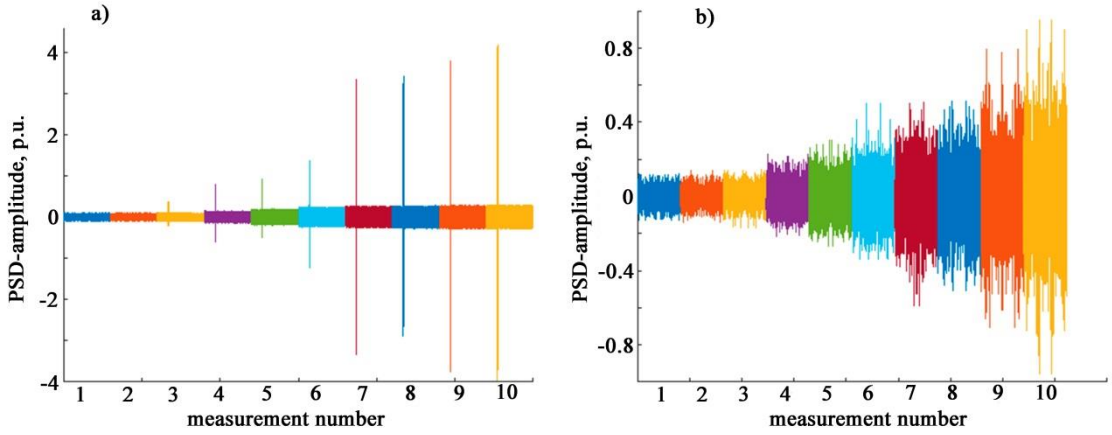


Fig. 3. Visualization of the power spectral density amplitudes in the frequency (a) and time (b) domains for successive measurements of the generator current with a gradual increase in the wind turbine blades imbalance

The simulation conditions assume that a 20-second current signal was recorded daily for 10 consecutive days. The defect of dynamic unbalancing of the wind turbine blades increased and caused failure after a 10-day period.

Result and discussion

Based on the analysis, a set of statistical characteristics obtained from the signals in the time domain was selected. The PSD current signals of the wind turbine generator in the time domain show a tendency towards increasing impulsivity. Statistical characteristics of the signals in the time domain were selected for analysis and processing, such as mean value (Mean), standard deviation (Std), asymmetry (Skewness), kurtosis (Kurtosis), full range of oscillations (Peak2Peak), root mean square value (RMS), cross factor (CrestFactor), shape factor (ShapeFactor), impulse factor (ImpulseFactor), marginal factor (MarginFactor), energy (Energy), which quantitatively determine the impulsivity of the signal [16,17].

The found statistical characteristics of the PSD signals are related to noise. Noise is detrimental to predicting residual life. One of the most important properties of the function is monotonicity. It is not resistant to noise. Therefore, the filtering and smoothing procedure was applied to the found statistical characteristics. An example of comparing the original and filtered characteristics of PSD signals is presented in Fig. 4. The values of all characteristics after filtering and smoothing are given in Table 1. Data analysis shows that with a gradual increase in the imbalance of wind turbine blades, the value of the statistical characteristics shows an increase.

The main criterion of whether the obtained statistical characteristics of the PSD signals in the time domain belong to their further analysis is the numerical value of monotonicity. In [17], it is proposed to use the formula for quantitative assessment of the appropriateness of statistical characteristics for further analysis

$$Mon(x_i) = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} \frac{\left|number\ of\ positive\ diff\left(x_i^j\right) - number\ of\ negative\ diff\left(x_i^j\right)\right|}{n-1}, \quad (4)$$

where n – number of measurements, m – the number of monitored wind turbines, x_i^j - the *i*-th characteristic measured on the *j*-th machine, $diff(x_i^j) = x_i^j(t) - x_i^j(t\text{-}1)$ – signal difference.

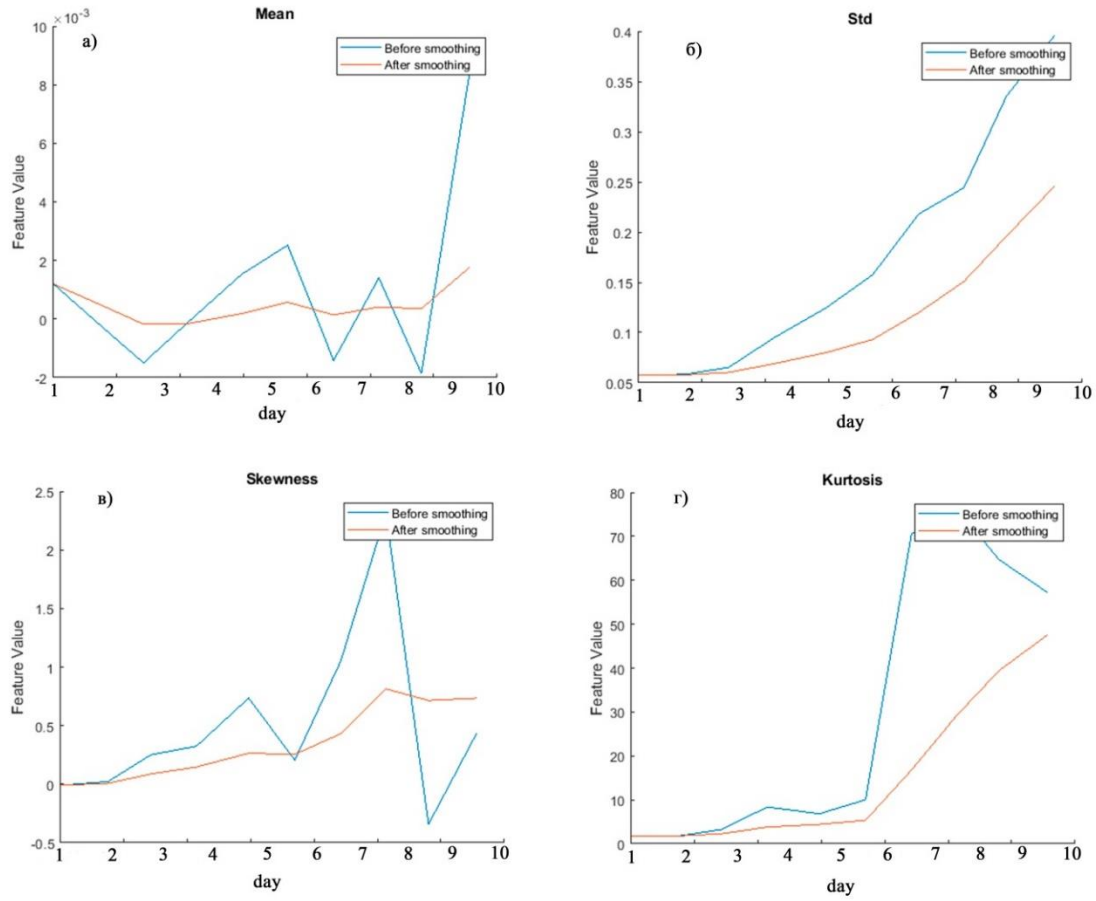


Fig. 4. An example of statistical characteristics of the wind turbine PSD current signals before and after smoothing with a gradual increase in the imbalance of the wind turbine blades

Table 1. Statistical characteristics of the wind turbine PSD current signals after filtering and smoothing

№ вимірювання	Std	Skewness	Kurtosis	Peak2Peak	RMS	CrestFactor	ShapeFactor	ImpulseFactor	MarginFactor	Energy
1	0.0572	-0.0089	1.8192	0.1999	0.0572	1.7476	1.155	2.019	40.777	9.816
2	0.0578	0.0061	1.7982	0.2165	0.0578	1.8889	1.153	2.177	43.398	10.019
3	0.0603	0.0874	2.2855	0.3484	0.0603	3.2386	1.161	3.785	71.136	10.934
4	0.0690	0.1468	3.8063	0.6145	0.0689	4.5265	1.178	5.416	86.692	14.967
5	0.0801	0.2644	4.4138	0.7800	0.0801	5.1182	1.185	6.153	87.080	21.325
6	0.0930	0.2547	5.3490	1.0849	0.0930	5.7282	1.193	6.932	86.681	30.193
7	0.1198	0.4314	16.8085	2.1631	0.1198	7.991	1.251	10.430	106.292	52.310
8	0.1508	0.8135	29.2221	3.1804	0.1508	9.995	1.329	13.826	123.682	80.421
9	0.1958	0.7147	39.4535	4.3363	0.1958	10.885	1.456	16.309	123.719	134.515
10	0.2640	0.7340	47.5874	5.4602	0.2460	11.247	1.596	18.239	120.580	208.424

The results of the monotonicity calculation for the statistical characteristics of the PSD current signals of the wind turbine generator are shown in Table 2. Functions with a monotonicity greater than 0.3 are selected to combine features in subsequent calculations. The Principal Component Analysis method is used to reduce the dimensionality and combine the statistical characteristics of PSD signals.

Table 2. The monotonicity values for the statistical characteristics of the wind turbine PSD current signals

Std	Skewness	Kurtosis	Peak2Peak	RMS	CrestFactor	ShapeFactor	ImpulseFactor	MarginFactor	Energy
1.0	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	0.6	1.0	0.6	1.0

Before performing PCA, it is recommended to normalize the features to the same scale. The mean, standard deviation, and PCA coefficients are used to process the entire data set. The plot (Fig. 5 (a)) shows that the first main component (PCA1) increases as the machine approaches to failure. Thus, the first principal component is a promising health indicator of wind turbines (Fig. 5 (b)).

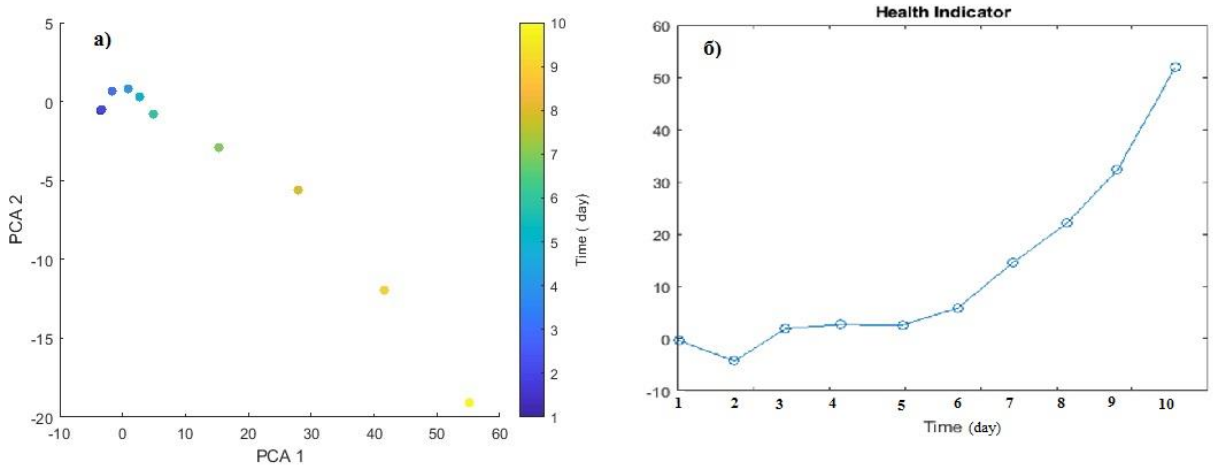


Fig. 5. Statistical characteristics of the wind turbine PSD current signals in the space of the first two principal components (a); the first principal component as health indicator of wind turbine (b)

The work uses the Exponential Degradation Model algorithm implemented in the computer mathematics system Matlab 2018b for modeling the process of exponential degradation and estimating the Remaining Useful Life (RUL) of wind turbine. Degradation models estimate RUL by predicting when the monitored signal will cross a predetermined threshold value.

The exponential degradation model is defined as [18]

$$h(t) = \phi + \theta exp\left(\beta t + \varepsilon - \frac{\sigma^2}{2}\right), \quad (5)$$

where $h(t)$ is the health indicator as a function of time; ϕ is the intercept term considered as a constant; θ i β are random parameters determining the slope of the model, where θ is lognormal-distributed and β is Gaussian-distributed. At each time step t the distribution of θ and β is updated to the posterior based on the latest observation of $h(t)$. The ε term is a Gaussian white noise, σ^2 is the dispersion.

Threshold selection is usually based on historical machine records or some domain-specific knowledge. Since there is no historical data in the model data set discussed above, a value that is 70% of the last value of the health indicator is chosen as the threshold value. It is recommended to choose a threshold based on smoothed data to partially mitigate the effect of smoothing delay. The exponential degradation model also provides functionality to estimate the significance of the slope. As soon as a significant slope of the health indicator is detected, the model will forget the previous observations and restart the estimation based on the original a priori values.

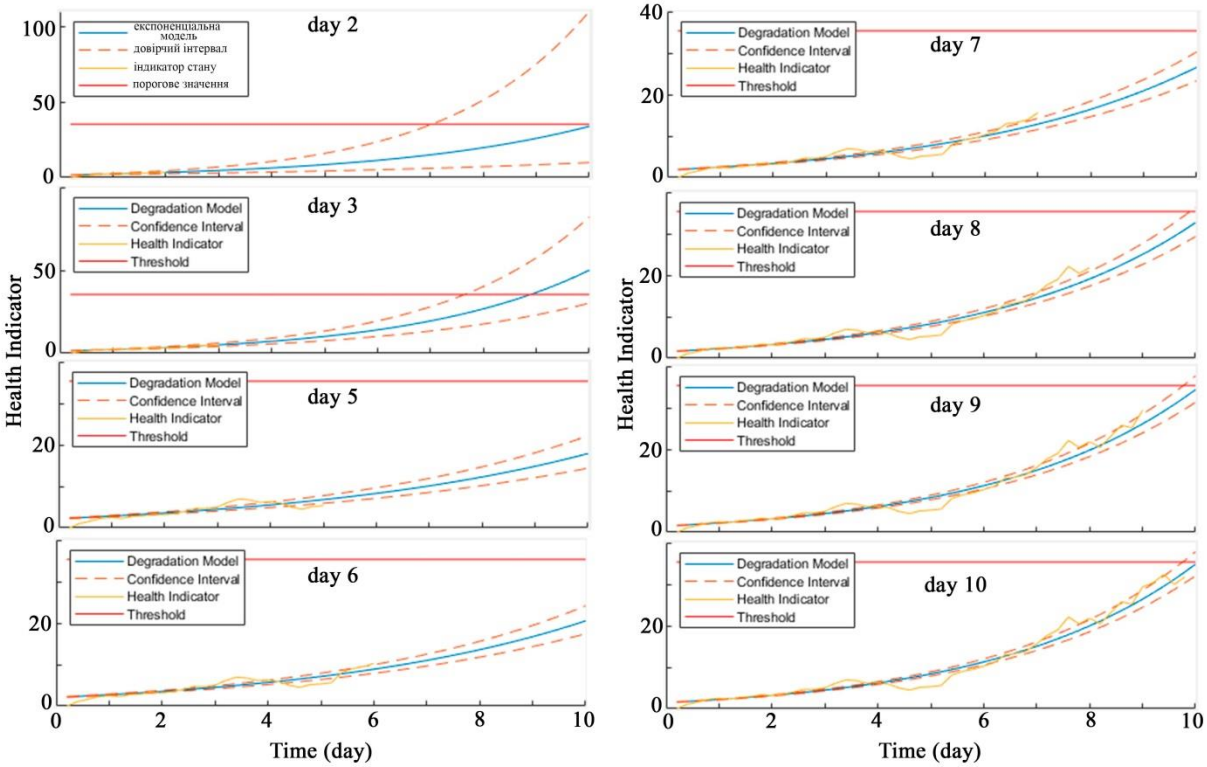


Fig. 6. Estimation of the Remaining Useful Life of wind turbine based on the exponential degradation model

Figure 6 is shows the operation of the exponential degradation model to determine state of wind turbine on the example of the generator current PSD-signals. It is clearly visible how the forecast changes depending on the slope of the health indicator curve. Thus, if only the data for the first two days are used, then the exponential model gives an excess of the threshold value on the tenth day. If five days of observations are used, the model crosses the threshold well after 10 days of operation.

Conclusion

1. It is shown that dynamic imbalance faults make up the main part of wind turbines defects. The characteristic frequencies of dynamic imbalance appear at the main frequency of the wind turbine. This makes it possible to use them as a sign for monitoring and analyzing the defects of the wind turbines dynamic imbalance.
2. The possibility of applying the modified method of power spectral density to the wind turbine current signals for the purpose of sensorless monitoring of dynamic imbalance faults is substantiated. It is shown that such methods are characterized by significant economic benefit and potential.
3. The structure of monitoring based on wind turbine generator current measurements in conditions of variable wind conditions is described. Appropriate software has been developed. The possibility of applying the exponential degradation model for forecasting the Remaining Useful Life of the wind turbine based on the analysis of generator current signals is shown.
4. On the basis of a model experiment on the dynamic unbalancing of wind turbine, a set of statistical characteristics obtained from the signal in the time domain was selected, and their statistical processing and analysis was carried out. A new informational diagnostic parameter is established in the form of the first principal component, which allows combining a set of statistical characteristics of current signals while reducing the noise component. It is shown that the first principal component can be used as an health indicator of the wind turbine aerodynamic part.

Bibliography

1. Peng Y., Qiao W., Qu L., Wang J. (2020) Sensor fault detection and isolation for a wireless sensor network-based remote wind turbine condition monitoring system. IEEE Transactions on Industry Applications, V.54(2), p. 1072-1079
2. Jin X., Xu Z., Qiao W. (2020) Condition monitoring of wind turbine generators using SCADA data analysis. IEEE Transactions on Sustainable Energy, V.12(1), p. 202-210.
3. Sattar A., Hussain I., Din Memon T., Karar H., Saeed U. (2016) Investigation of Imbalance Faults in Horizontal Axis WTGS through Analysis of Generator Current Signal. Indian Journal of Science & Technology, V.9(47), pp.1-12.
4. Zhao P., Li X., Yang L. (2017) Research on Mass Imbalance Fault of Wind Turbine Based on Virtual Prototype. MATEC Web of Conferences, V.95, pp. 06001-06007.
5. Jiang D., Huang Q., Hong L. (2009) Theoretical and experimental study on wind wheel unbalance for a wind turbine. World Non-Grid Connected Wind Power Energy Conf., pp. 1–5.
6. Jeffries W., Chambers J., Infield D. (1998) Experience with bicoherence of electrical power for condition monitoring of wind turbine blades. IEE Proc.: Vision, Image Signal Process, V.145(3), pp. 141–148.
7. Bebars A., Eladl A., Abdulsalam G., Badran E. (2022) Internal electrical fault detection techniques in DFIG-based wind turbines: a review. Protection and Control of Modern Power Systems, 7:18.
8. Joshuva A., Sugumaran V. (2016) Fault diagnostic methods for wind turbine: a review. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, V.11(7), p.4654–4668.
9. Al Ahmar E., Choqueuse V., Benbouzid M., Amirat Y., El Assad J., Karam R., Farah S. (2010) Advanced signal processing techniques for fault detection and diagnosis of a wind turbine induction generator drive train: A comparative study. inProc. IEEE Energy Convers. Congr. Expo., pp. 3576–3581.

10. Choqueuse V., Benbouzid M., Amirat Y., Turri S. (2012) Diagnosis of three-phase electrical machines using multidimensional demodulation techniques. IEEE Trans. Ind. Electron., V.59(4), pp. 2014– 2023.
11. Kusiak A., Verma A. (2011) A data-driven approach for monitoring blade pitch faults in wind turbines. IEEE Trans. Sustainable Energy, V.2(1), pp. 87–96.
12. Stepanchikov D. (2019) Sensorless diagnostic method for wind turbine imbalance faults detection. Visnyk KNTU, № 4 (63), pp.11-18.
13. Gong X., Qiao W. (2012) Imbalance Fault Detection of Direct-Drive Wind Turbines Using Generator Current Signals. IEEE Trans. Energy Convers, V. 27(2), pp. 468–475.
14. Gong X., Qiao W. (2010) Simulation investigation of wind turbine imbalance faults. IEEE International Conference on Power System Technology, pp. 1–7.
15. Singh M., Muljadi E., Jonkman J., Gevorgian V., Girsang I., Dhupia, J. (2014) Simulation for Wind Turbine Generators – With FAST and MATLAB-Simulink Modules. National Renewable Energy Laboratory (NREL), United States.
16. Bechhoefer E., Van Hecke B., He D. (2013) Processing for Improved Spectral Analysis. Annual Conference of the PHM Society. V.5(1).
17. Louda P., Sharko O., Stepanchikov D., Sharko A. (2023) Features of the Application of the Principal Component Method to the Study of Acoustic Emission Signals Under Loading of Multilayer Structures. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. V. 149, pp. 462–487.
18. Ben Ali J., Saidi L., Harrath S., Bechhoefer E., Benbouzid M. (2018) Online automatic diagnosis of wind turbine bearings progressive degradations under real experimental conditions based on unsupervised machine learning. Applied Acoustics. 132, pp.167-181.

ШЛЯХЕТНІ ПАЛАЦОВО-ПАРКОВІ КОМПЛЕКСИ ПОДІЛЛЯ ТА ПІВДЕННО-СХІДНОЇ ВОЛИНІ: ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ, ПРОБЛЕМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Стрельбіцька Н.[1], Халайцан В.[2], Пищенюк І.[1]
[1] Хмельницький національний університет, Україна
[2] Хмельницька гуманітарно-педагогічна академія, Україна

Анотація. В статті аналізується можливість використання маєткових парків Поділля в якості туристичних об'єктів, розглядаються сучасні проблеми збереженості та шляхи популяризації паркових комплексів.
Із часу відновлення незалежності Української держави помітно активізувався інтерес до українського паркобудування. Маєткові комплекси стали об'єктом досліджень ряду українських та зарубіжних фахівців. Ґрунтовний аналіз функціонування польських резиденцій на землях сучасної України провів Р. Афтаназі. Ґрунтуючись на його працях, дослідили низку аспектів розбудови маєткових комплексів на території Західної України Л. Казімірова, Д. Костюк, Д. Малаков, О. Михайлишин, О. Пажимський та інші. Водночас залишились нез'ясованими важливі питання стосовно процесів побудови паркової композиції в анонсованих географічних і часових межах, тому це потребує додаткового дослідження. Усі зазначені джерела є достатньо репрезентативними й сприяють об'єктивному вивченню мистецтва створення парків та їхній вплив на культурне життя Поділля XVIII – початку XX століття
Ключові слова: Ландшафтний парк, тенденції світової культури, палацово-паркові комплекси, туристичний бренд, культурна спадщина, репрезентаційна функція, «парковий туризм», музеї-садиби, авторська композиція, історико-архітектурний музей, гомогенні туристичні ресурси.

Вступ

На сучасному етапі розвитку суспільства, незважаючи на повномасштабне вторгнення російської федерації на терени України, туризм продовжує виконувати функції ознайомлення населення з пам'ятками історії, культури, архітектури та мистецтва. Також саме туризм взяв на себе функції психологічної стабілізації та реабілітації населення в надзвичайно складних умовах сучасних життєвих реалій, постійних сигналів тривоги та небезпеки.

Результати досліджень

Подорож до прекрасного, споглядання гармонії природи та мистецтва, пізнання культурних цінностей на перетині епох та мистецьких традицій різних народів – все це можна віднайти, відвідуючи шляхетні унікальні палацово-паркові комплекси нашого регіону. Більшість маєткових парків Поділля і Південно-Східної Волині– це результат поєднання культурних і мистецьких традицій Заходу й Сходу, у створенні яких були задіяні найкращі професіонали ландшафтного паркобудування з різних країн: українці, поляки, ірландці, німці, французи тощо. Палацово-паркові комплекси Поділля і Південно-Східної Волині – це осередки культури, які акумулювали кращі культурні надбання України та Західної Європи. Саме тому вважаємо паркові комплекси регіону потужним гомогенним туристичним ресурсом, який має гарні перспективи подальшого розвитку на теренах Подільського краю. Гомогенні туристичні ресурси – це соціальні та природні об'єкти, події, явища, походження яких пов'язане не тільки з територією України (де вони розташовані, або колись були), а й із територією тієї зарубіжної країни, у межах якої такий об'єкт чи подія первісно виникла [1]. Безперечно, інтерес з боку іноземних громадян, насамперед дружньої нам Польщі, можуть викликати не тільки палацово-паркові комплекси, а і місця, пов'язані з життєвим і творчим шляхом, їхніх

видатних земляків: Ю. Словацького, Ю. Крашевського, О. Познанської, В. Потоцького, З. Бзожовського тощо. Відповідно, значна частина палацово-паркових комплексів Поділля при належному стані збереженості, відновлення, а при потребі – реконструкції має всі шанси привабити потужні туристичні потоки не тільки з усієї України, але й Західної Європи. Ряд творів, серед яких «Пан Володиєвський» Г. Сенкевича, історичні нариси «Ушицькі яри» власника Чорного Острова Олександра Пшездецького, описи садівника Северина Лусаковського «Про Маків», селекційні дослідження та наукові статті з біології господарів Макова та Михайлівки представників роду Маковецьких, байки українця Л. Глібова, створені на теренах подільських маєтків, (відповідно – Михайлівці, Чернятині, Макові, Чорному Острові). Як взірці особливого сегменту світової культури, а саме синтез мистецтва, архітектури, паркобудування, поезії XVIII – поч. XX ст. – паркові маєтки неодноразово слугували місцем подій, описаних у кращих зразках світової літератури. Ураховуючи історичні реалії мистецького життя на Поділлі та Південно-Східної Волині та серйозний вплив «польського складника», паркова спадщина регіону привабить насамперед туристів із сусідньої Польщі – культурологів, архітекторів, митців, нащадків знатних шляхетних родів, родини яких мали маєтності на Поділлі. Але гомогенний туризм, вимагає насамперед відповідного рівня інфраструктури, а отже, й серйозних капіталовкладень.

Найкраще збереженим в наш час з усіх наявних комплексів є Самчики. Це історико-архітектурний музей палацово-паркового мистецтва. «Музей-садиба» в серпні 1997 року отримав статус Державного історико-культурного заповідника «Самчики» [3]. Завдяки статусу він отримав державне фінансування, штат та програму розвитку. Відбулася масштабна реставрація будівель, проводяться спроби відновлення паркової авторської композиції Діонісія МакКлера. Завдяки фінансуванню та проведеній роботі Самчики поступово стають брендом, що сприяє не тільки туристичному відпочинку, ознайомленню з побутом шляхтичів XVIII – XIX ст., а й створенню особливого відчуття цілої культурної епохи. Ми виявили своєрідний психологічний феномен, пов’язаний із відвідуванням маєтку в знакові моменти. Зокрема, у Самчиках, завдяки популяризації прогулянок парком, відпочинку в альтанках, проведенню весільних обрядів у Дзеркальній залі напрацьовується “обов’язковість” Самчиків у позитивні моменти життя окремої людини. Таким чином туристичний бренд «Самчики» активізує приємні відчуття та сприяє їхньому перенесенню на позитивне сприйняття інших подібних утворень. Розробці бренду «Самчики» сприяє проведення численних тематичних семінарів, конференцій, «круглих столів» . театралізованих екскурсій тощо.

Музейні заклади на базі палацово-паркових комплексів – це швидше виняток, ніж поширена практика. Крім Самчиків, на території Поділля і Південно-Східної Волині, найбільш відомими є історико-культурний музей в Маліївцях, Національний музей-садиба М. І. Пирогова (м. Вінниця), музей П. І. Чайковского і Н. Ф. фон Мекк (м. Браїлів); палацово-парковий комплекс Грохольських у Вороновиці. У цих музейних комплексах завдяки їхньому статусу зберігається цілком задовільний стан збереженості палацу. і парку. Водночас вважаємо, що між доглянутим парком та популярністю музею існує прямий зв’язок, оскільки парк, заохочуючи до відвідин, продовжує виконувати свою репрезентаційну функцію навіть після зміни цільового призначення. Зокрема, у музеї-садибі М. І. Пирогова наявні стрижені шпалерні алеї, невеликий партер перед центральним входом та з боку саду, рядові посадки ялин і лип, що є ознаками регулярного стилю, сад і ландшафтні утворення з листяних та хвойних порід дерев. Загалом парк здатний прийняти значну кількість відвідувачів, чим заохочує якомога довше залишитись біля музею.

Парк у Браїлові за семантикою значно перевищує будівлю палацу, оскільки, як вважають, враження від озер, каналів і островів на річці Рів надихнули свого часу П.

Чайковського на написання «Лебединого озера». Палацово-парковий комплекс Грохольських у Вороновиці також відчувається тематика давнього шляхетського маєтку, парк якого формувався як регулярний, проте велич партерної зони курдонера сприяє налаштуванню на грандіозність звершень, висвітлених експозицією музею [4].

Оцінка значення парків, що перебувають у відомчій власності, є неоднозначною, оскільки, формально існуючи як рекреації при відомствах, розташованих у маєтках, парки або позбавлені належного догляду (Голозубинецький, Скаржинецький), або рекультивовані на розсуд користувачів (Виноградівський, Корчунецький, «Куява»). Найбільшим недоліком закритості подібних структур є обмежений доступ громадськості, що унеможливлює моніторинг процесу догляду за парком. Зважаючи на закритість лікарень і санаторіїв-профілакторіїв відомчого типу, розташованих посеред парків, останні виведені з кола об'єктів культурного впливу. Безумовно, парк повинен розглядатися в комплексі з об'єктом, навколо якого він розміщений, але, як показують експедиційно-польові розвідки, переважна більшість з них перебуває поза увагою адміністрації відповідних закладів, зазвичай, доглядається та експлуатується територія в безпосередній близькості до будівель, яка завдяки утилітарним підходам втратила первісний вигляд.

Переважно для істориків і краєзнавців становлять інтерес палацово-паркові комплекси із насиченим минулим, віддалені від міст, районних центрів і туристичних маршрутів. Значна їхня кількість сконцентрована на території районів, що межують із р. Дністер, зокрема Дунаєвецький, Заліщицький, Муровано-Курилівецький, Новоушицький. Із позиції розгляду паркотворення на Поділлі обґрунтовано вважаємо подібний вибір даниною модним філософсько-світоглядним тенденціям щодо англійського пейзажного стилю. Зокрема, на території Новоушицького району зберігся ряд палацово-паркових комплексів. З точки зору дослідників персоналій зацікавлення викликає маєток Путятиних – Львових у с. Глібів. Своєрідні краєвиди Придністровських каньйонів, справивши враження на представників шляхти, привели до появи чи не найщільнішого зосередження палацово-паркових комплексів. Свого часу, беззаперечно через гармонійне поєднання природних і рукотворних ландшафтів, цей регіон називався «Подільською Швейцарією» та рекомендувався знавцями «паркового туризму» для «приємних подорожей» [5]. З таких позицій та перспективних розвідок, спеціалістів мають зацікавити: садиба Барановських у с. Любомирівка, де зберігся садибний будинок та, частково англійський пейзажний парк (1860 р.); а також садиба барона П. Местмахера у с. Песець, де частково зберігся парк кін. XIX – поч. XX ст.

Серед садиб, що перебувають у приватній власності – садиба М. Патона (Собанських) у с. Хребтіїв. кін. XVIII ст. – поч. XIX ст. Садиба - досить перспективний у історико-культурологічному контексті туристичний об'єкт . який поступово руйнується, тому потребує, як мінімум, термінової консервації, а згодом і реконструкції.

Серйозними проблемами в плані збереження палацово-паркових комплексів регіону є відсутність відповідального користувача, відсутність відповідної документації, недостатнє фінансування, відсутність статусу об'єкту державного чи національного значення. Подібні проблеми можуть провести до занепаду палацово-паркових комплексів, як пам'яток мистецтва. Вирішення подібних проблем можливе при забезпеченні відповідної законодавчої бази.

Своєрідним взірцем фундації відродження шляхетних звичаїв господарювання є відбудова та популяризація маєтку XIX ст. І. Мархоцького в с. Отроків. Тутешнім маєтковим комплексом в Отрокові опікується відомий меценат із Львівщини І. Скальський. Щорічно, до початку повномасштабного вторгнення росіян, він організовував етнографічні фестивалі «Свято обжинок», «Фестиваль: Отроків», продовжуючи традиції святкування, засновані графом Мархоцьким. І. Скальський не

тільки реставрував маєтковий комплекс, а й активно пропагував Отроків серед туристів України, Польщі, Чехії, Словаччини тощо. Потужну роботу в аспекті регіональних досліджень стосовно «Миньковецької держави» проводить створений у 2009 році науково-дослідницький «Центр мархоцькознавства» (керівник В. Захар'єв). За час роботи Центру вийшли друком дванадцять томів наукових розвідок краєзнавців. Наступним кроком стала музеєфікація. У 2011 р. відкрили «Меморіальний музей графа-реформатора Ігнація-Сцібора Мархоцького» в Миньківцях та виставкові музейні експозиції в маєтку в Отрокові. Також за цей період проведено декілька «круглих столів» стосовно відродження та збереження маєткового комплексу в Отрокові, акцій «Поляк з великим серцем». Відбулися туристичні презентації садиби та паркового комплексу.

Подібні заходи стосовно збереження палацово-паркового комплексу в Маліївцях на Дунаєвеччині проводить історико-культурний музей – заповідник в Маліївцях та культурно-просвітницька організація «Маліївецька спадщина» (керівник А. Донець)

Фрагментарну роботу стосовно окремих паркових комплексів в аспекті регіональних досліджень проводить Хмельницька обласна організація Національної спілки краєзнавців України (керівник Ю. Телячий), Хмельницька міська організація Національної спілки краєзнавців України (керівник Ю. Блажевич) і Центр дослідження історії Поділля (керівник О.Комарніцький).

Висновки

Як показують результати дослідження, значна частина проблем пов'язаних із негативним станом збереженості об'єктів культурної спадщини, виникає від недостатньої інформованості суспільства, широкого кола науковців, краєзнавців, громадських організацій стосовно їхнього існування. Тому насамперед необхідна широка популяризація маєткових паркових комплексів, включення їх до системи туристичних маршрутів, потужна реклама, створення туристичних брендів. Активна участь відповідних організацій, місцевих громад у процесі охорони маєткових комплексів забезпечить належний рівень збереженості об'єктів культурної спадщини.

ЛІТЕРАТУРА

1. В'їзний туризм: навч. посіб. / Коваль П. Ф., Алєшугіна Н. О., Андрєєва Г. П. Ніжин: Вид. Лук'яненко В. В., 2010. 304 с.
2. Стрельбіцька Н. І., Халайцан В. П. Палацово-паркові комплекси Поділля та Південно-Східної Волині – перспективні об'єкти розвитку туризму на Хмельниччині. Проблеми туристичної галузі України: здобутки, стан, перспективи: зб. Пр. за матеріалами засідання наукового симпозіуму (Кам'янець-Подільський, 3–4 квіт. 2014 р.) Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2014. С. 67–73.
3. Палацово-парковий ансамбль «Самчики». URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Палацово-парковий_ансамбль_«Самчики» (дата звернення: 05.02.2019).
4. Томілович Л. Історичні садиби Вінницької області. Чернігів: ВАТ «Редакційно-видавничий комплекс «Деснянська правда», 2011. 220 с.
5. Przezdziecki A. Podole, Wolyn, Ukraina: Obraz miejsc i czasow. Wilno, 1841. T. 1. URL: http://www.nibu.kiev.ua/elfond/podole_wolyn_ukraina/podole_wolyn_ukraina_vyp_1.pdf (last accessed: 05.02.2019).

BEZPRĄDOWE METALIZOWANIE TWORZYW POLIMEROWYCH

Szabliński K., Moraczewski K.
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Polska

Streszczenie. Bezprądowe metalizowanie tworzyw polimerowych jest nowoczesną metodą nanoszenia cienkich warstw metalu na powierzchnię materiałów polimerowych, co pozwala na połączenie korzystnych właściwości mechanicznych i estetycznych tworzyw z elektrycznymi i termicznymi właściwościami metali. Celem artykułu jest zaprezentowanie najnowszych osiągnięć w dziedzinie bezprądowego metalizowania tworzyw polimerowych, z naciskiem na aspekty technologiczne, aplikacyjne oraz potencjalne korzyści i wyzwania. W ramach przeprowadzonego przeglądu przedstawiono podstawowe zasady procesu metalizowania bezprądowego, w tym mechanizmy adhezji metalu do polimeru oraz rolę i wpływ warstwy aktywującej. Omówiono różnorodne metody przygotowania powierzchni tworzyw sztucznych przed metalizacją, takie jak obróbka laserowa, chemiczna, plazmowa oraz mechaniczna, podkreślając ich znaczenie dla jakości końcowego pokrycia. Przeanalizowano metale stosowane w procesie metalizowania, takie jak srebro, miedź, nikiel i złoto, wskazując na ich specyficzne właściwości i zastosowania. Szczególną uwagę poświęcono nowoczesnym kompozytom, które otwierają nowe możliwości dla przemysłu elektronicznego, motoryzacyjnego, czy medycznego. Przedstawiono zaawansowane techniki charakteryzowania powłok metalowych stosowane obecnie w badaniach nad metalizowaniem bezprądowym, takie jak mikroskopia elektronowa, spektroskopia rentgenowska oraz testy adhezji, które są kluczowe dla oceny jakości i trwałości naniesionej warstwy metalicznej. Przedstawiono także najnowsze badania dotyczące wpływu warunków procesowych na morfologię i właściwości pokryć metalicznych oraz potencjalne aplikacje bezprądowo metalizowanych tworzyw polimerowych, wskazując na ich rosnące znaczenie w takich obszarach jak elektronika, anteny RFID, elementy dekoracyjne i ochronne w przemyśle samochodowym, czy innowacyjne rozwiązania w dziedzinie odnawialnych źródeł energii. Bezprądowe metalizowanie tworzyw polimerowych jest obiecującą technologią, która łączy zalety polimerów i metali, otwierając nowe perspektywy dla zaawansowanych aplikacji inżynierskich. Przegląd ten ma na celu nie tylko przedstawienie aktualnego stanu wiedzy, ale również zainspirowanie dalszych badań i rozwoju w tej dynamicznie rozwijającej się dziedzinie.
Słowa kluczowe: metalizowanie bezprądowe, tworzywa polimerowe, powlekanie miedzią.

Wprowadzenie

W ostatnich latach, rozwój w obszarze inżynierii materiałowej istotnie wpłynął na ewolucję i ulepszenie charakterystyk materiałów i kompozytów polimerowych. Dzięki swojej niskiej wadze, elastyczności, odporności na korozję i prostocie w obróbce, te materiały zyskały rozległe zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, takich jak elektronika, motoryzacja, sektor medyczny, a także w branżach lotniczej i kosmicznej. Pomimo wielu zalet, ograniczona przewodność elektryczna polimerów wymaga ich modyfikacji w celu zapewnienia funkcjonalności w zastosowaniach wymagających przewodzenia prądu. Metalizacja bezprądowa tworzyw polimerowych wyłania się jako jedna z najbardziej perspektywicznych technik takich modyfikacji, umożliwiając jednoczesne polepszenie właściwości mechanicznych i wizualnych polimerów. Procedura ta obejmuje szereg skomplikowanych procesów technologicznych, od przygotowania powierzchni, poprzez dobór odpowiednich metali (np. srebra, miedzi, niklu, i złota), aż po złożone techniki analizy powłok metalowych. Każdy z tych kroków jest istotny dla dopracowania finalnych właściwości produktu, szczególnie pod kątem przewodności elektrycznej, ale także odporności na wysokie temperatury i estetyki.

Tworzywa polimerowe

Materiały polimerowe wyróżniają się długimi, powtarzającymi się strukturami molekularnymi, które mogą pochodzić zarówno ze źródeł naturalnych, jak i być wynikiem

syntez chemicznych, co przyczynia się do ich rozległego zastosowania oraz unikalnych cech. Wśród polimerów rozróżniamy te pochodzenia naturalnego, takie jak celuloza, białka, czy naturalny kauczuk, które są wytwarzane przez żywe organizmy, oraz syntetyczne, na przykład polietylen, polipropylen czy poliestry, produkowane przez człowieka (1). Polimery syntetyczne, dzięki swojej wszechstronności i możliwości dostosowania do rozmaitych zastosowań, dominują w obecnym przemyśle materiałowym. Polimery klasyfikuje się również na podstawie ich reakcji na ciepło na termoplasty i duroplasty (2). Termoplasty, które można wielokrotnie topić i formować, pozwalają na łatwy recykling, podczas gdy duroplasty po zastygnięciu charakteryzują się nieodwracalną twardością i formą. Inną kategorią są elastomery, odznaczające się niezwykłą giętkością i zdolnością do powrotu do pierwotnego kształtu, co jest kluczowe w aplikacjach wymagających elastyczności, takich jak motoryzacja czy produkty konsumenckie (3). Charakterystyczne właściwości polimerów, w tym odporność chemiczna, lekkość, a także izolacyjność elektryczna i termiczna, czynią je idealnymi materiałami dla wielu branż. Ich odporność umożliwia zastosowanie w środowiskach o wysokiej agresji chemicznej, lekkość znajduje zastosowanie w sektorach takich jak lotnictwo i motoryzacja, a właściwości izolacyjne są cenione w elektronice i budownictwie. W zależności od specyfiki polimeru, materiały te mogą również wykazywać korzystne właściwości mechaniczne, rozszerzając ich zakres aplikacji. Polimery są stosowane w różnorodnych sektorach przemysłu, od opakowań po medycynę, służąc do produkcji szerokiej gamy produktów, takich jak butelki, folie, elementy karoserii, komponenty elektroniczne, izolatory czy implanty medyczne, co podkreśla ich niezastąpioną rolę w nowoczesnej technologii i gospodarce.

Metale w metalizowaniu bezprądowym

W procesie metalizacji bezprądowej wykorzystywane są metale takie jak srebro, miedź, nikiel oraz złoto, dobrane ze względu na ich wyjątkowe właściwości elektryczne, termiczne i wizualne. Każdy z tych metali posiada określone zastosowania i przewagi, które sprawiają, że są one niezastąpione w wielu obszarach technologicznych i inżynierskich.

Srebro, dzięki najwyższej przewodności elektrycznej i termicznej spośród metali, znajduje kluczowe zastosowanie w aplikacjach potrzebujących optymalnej przewodności. Dodatkowo, cenione jest za właściwości antybakteryjne, co sprawia, że jest wykorzystywane w sektorze medycznym, na przykład w tworzeniu antybakteryjnych powłok na instrumentach chirurgicznych czy materiałach opatrunkowych. W branży elektronicznej srebro stosowane jest w produkcji wysokiej jakości przewodników, kontaktów elektrycznych oraz jako powłoka odbijająca światło w panelach słonecznych (4–6).

Miedź, podobnie jak srebro, ze względu na wysoką przewodność elektryczną, jest szeroko wykorzystywana w elektronice, głównie w produkcji kabli, drutów oraz jako warstwa przewodząca na płytkach drukowanych. Jej dobra przewodność termiczna znajduje zastosowanie w elementach odprowadzających ciepło, takich jak radiatory. Miedź, ze względu na właściwości antykorozyjne, jest także stosowana jako powłoka ochronna (7).

Nikiel wyróżnia się wyjątkową odpornością na korozję, co czyni go popularnym wyborem jako warstwa ochronna w metalizacji polimerów. Jego właściwości magnetyczne są wykorzystywane w produkcji pamięci magnetycznych i innych elementów elektronicznych. Dodatkowo, odporność niklu na wysokie temperatury sprawia, że jest on używany w powłokach dla komponentów pracujących w trudnych warunkach (8,9).

Złoto, cenione za swoją odporność na korozję i oksydację, jest idealne do zastosowań wymagających niezawodności i długotrwałej żywotności. W elektronice, ze względu na swoje właściwości elektryczne i odporność na migrację metalu, złoto często służy do pokrywania styków i złączy w urządzeniach o wysokiej niezawodności, w tym sprzęcie wojskowym i

medycznym. Złoto znajduje również zastosowanie w dekoracyjnych powłokach, dodając wartości i estetyki metalizowanym tworzywom polimerowym (10,11).

Selekcja metali do procesu metalizacji jest kierowana przez wymagania specyficzne dla danej aplikacji, takie jak przewodność, odporność termiczna i estetyczne preferencje. Zintegrowanie tych metali z polimerami poprzez metalizację bezprądową umożliwia tworzenie kompozytów, które łączą w sobie najlepsze cechy obu typów materiałów.

Przygotowanie powierzchni

Przygotowanie powierzchni materiałów polimerowych przed przystąpieniem do metalizacji bezprądowej jest kluczowym krokiem, który determinuje zarówno jakość jak i trwałość ostatecznej warstwy metalowej. Dostępne są rozmaite techniki przygotowania powierzchni, włączając w to obróbkę laserową, chemiczną, plazmową oraz mechaniczną, z których każda charakteryzuje się specyficznymi zastosowaniami, korzyściami i ograniczeniami. Wybór odpowiedniej metody zależy od typu polimeru, oczekiwanej jakości pokrycia metalicznego oraz wymagań specyficznych dla finalnego zastosowania produktu.

Obróbka laserowa, wykorzystująca skoncentrowany promień laserowy do precyzyjnego usuwania powierzchniowego warstwy polimeru, umożliwia dokładne oczyszczenie powierzchni z nieczystości oraz tworzenie mikrostruktury sprzyjającej lepszej adhezji metali. Jest to metoda szczególnie użyteczna dla zastosowań wymagających wysokiej precyzji i czystości obróbki, umożliwiając lokalne modyfikacje powierzchni bez wpływu na całość materiału, co jest kluczowe w zastosowaniach takich jak technologia 3D-MID (12,13).

Obróbka chemiczna polega na traktowaniu powierzchni polimeru środkami chemicznymi w celu usunięcia zanieczyszczeń i poprawy przyczepności lub zmiany chemicznej struktury powierzchni. Taki proces może obejmować etching, czyli chemiczne trawienie powierzchni w celu zwiększenia jej chropowatości, co przyczynia się do lepszej adhezji metalu, oraz aplikację środków aktywujących przygotowujących powierzchnię do metalizacji bezprądowej (14,15).

Obróbka plazmowa, opierająca się na ekspozycji polimeru na działanie plazmy w warunkach niskiego ciśnienia, skutecznie usuwa zanieczyszczenia organiczne i modyfikuje topografię oraz właściwości chemiczne powierzchni, co istotnie poprawia adhezję metalu. Jest to metoda szczególnie efektywna dla polimerów trudnych do obróbki z powodu ich wysokiej odporności chemicznej i termicznej (16).

Obróbka mechaniczna, w tym szlifowanie, śrutowanie, czy piaskowanie, jest tradycyjną techniką polegającą na mechanicznym usuwaniu warstwy powierzchniowej i zanieczyszczeń przez ścieranie. Te metody zwiększają chropowatość powierzchni, co może ulepszyć przyczepność powłoki metalicznej. Jednakże, obróbka mechaniczna może nie być odpowiednia dla wszystkich rodzajów polimerów, biorąc pod uwagę ryzyko uszkodzenia materiału lub wprowadzenia dodatkowych zanieczyszczeń.

Sposób przygotowania powierzchni bezpośrednio wpływa na finalną jakość pokrycia metalicznego. Należyte przygotowanie powierzchni nie tylko poprawia przyczepność warstwy metalowej, ale również ma wpływ na jej równomierność, gładkość, a także odporność na korozję i ścieranie. Wybór najodpowiedniejszej metody przygotowania powierzchni zależy od szeregu czynników, w tym od konkretnych potrzeb aplikacyjnych, typu polimeru oraz pożądanych właściwości pokrycia metalicznego. Optymalizacja tego etapu jest kluczowa dla zagwarantowania wysokiej jakości i trwałości produktów metalizowanych polimerów.

Metalizowanie bezprądowe

Metalizacja bezprądowa to proces nanoszenia warstwy metalicznej na podłoże. Pozwala na łączenie korzystnych cech tworzyw polimerowych, takich jak lekkość, elastyczność, oraz odporność chemiczna i biologiczna, z wyjątkowymi właściwościami metali, w tym

przewodnością elektryczną i termiczną, twardością oraz odpornością na zużycie. Powłoki metalowe nanoszone tą metodą charakteryzują się równomierną grubością i doskonałą przyczepnością do substratu polimerowego, co jest trudne do osiągnięcia tradycyjnymi metodami metalizacji. Możliwość precyzyjnego kontrolowania właściwości powłok, takich jak grubość, skład chemiczny oraz struktura mikroskopowa, pozwala na szerokie zastosowanie metalizowanych tworzyw polimerowych w nowoczesnych technologiach. Wprowadzenie metalizacji bezprądowej otwiera drzwi do nowych aplikacji inżynierskich i technologicznych, oferując znaczące korzyści. Jednym z najważniejszych zastosowań jest produkcja elementów elektronicznych, gdzie metalizowane polimery mogą służyć jako składniki obwodów drukowanych, anten, czujników, a także jako elementy ochronne przed promieniowaniem elektromagnetycznym. Ponadto, w przemyśle motoryzacyjnym, lotniczym i kosmicznym, metalizowane tworzywa polimerowe znajdują zastosowanie jako lekkie, ale wytrzymałe komponenty, które jednocześnie spełniają funkcje estetyczne oraz ochronne (17).

Mechanizm bezprądowego metalizowania polega na osadzaniu cienkich warstw metalu na powierzchni tworzyw polimerowych bez wykorzystania prądu elektrycznego. Proces ten opiera się na reakcjach chemicznych zachodzących pomiędzy aktywowaną powierzchnią polimeru a roztworem zawierającym jony metalu (18). Kluczowe znaczenie w tym procesie ma warstwa aktywująca, która zapewnia skuteczną adhezję metalu do polimeru, umożliwiając tworzenie jednolitych i trwałych powłok metalicznych. Pierwszym krokiem jest odpowiednie przygotowanie powierzchni tworzywa polimerowego, mające na celu usunięcie zanieczyszczeń oraz poprawę adhezji. Obejmuje to zazwyczaj procesy takie jak czyszczenie, szlifowanie, a czasem obróbkę plazmową, czy laserową, która zwiększa aktywność chemiczną powierzchni. Następnie polimer jest poddawany aktywacji, co często wiąże się z naniesieniem na niego specjalnej warstwy aktywującej, zawierającej cząsteczki katalizatora, takie jak sole palladu. Te cząsteczki stanowią miejsca inicjacji, gdzie jony metalu z roztworu będą mogły być zredukowane do postaci metalicznej. W ostatnim etapie, aktywowana powierzchnia polimeru jest zanurzana w roztworze zawierającym jony metalu, takiego jak miedź, nikiel, złoto lub srebro. Dzięki obecności warstwy aktywującej, jony metalu są redukowane do postaci metalicznej bezpośrednio na powierzchni polimeru, tworząc jednolitą i przylegającą warstwę metalu. Warstwa aktywująca odgrywa kluczową rolę w procesie bezprądowego metalizowania. Nie tylko inicjuje redukcję jonów metalu, ale także znacząco wpływa na jakość i właściwości ostatecznej powłoki metalicznej. Dobra adhezja metalu do polimeru jest fundamentem dla trwałości i funkcjonalności metalizowanych tworzyw polimerowych. Warstwa aktywująca musi być równomiernie rozłożona po całej powierzchni polimeru. Badania w tej dziedzinie koncentrują się na poszukiwaniu nowych materiałów aktywujących oraz metod ich aplikacji, które mogłyby zwiększyć efektywność procesu i jakość powłok metalicznych.

Rozwój bezprądowego metalizowania tworzyw polimerowych otwiera nowe możliwości dla dalszej innowacji w dziedzinie materiałów polimerowych, umożliwiając tworzenie materiałów z jeszcze bardziej zaawansowanymi właściwościami i zastosowaniami.

Warunki procesowe

Jakość i charakterystyka ostatecznej warstwy metalowej znacząco zależą od uwarunkowań procesowych, takich jak temperatura, czas trwania procesu, oraz skład chemiczny użytego roztworu metalizującego.

Temperatura, w której odbywa się proces metalizacji, wywiera zasadniczy wpływ na dynamikę reakcji chemicznych zachodzących w trakcie procedury. Podniesienie temperatury może przyspieszać redukcję jonów metalowych do ich metalicznej formy, co z kolei skutkuje szybszym formowaniem powłok. Natomiast nadmiernie wysokie temperatury mogą prowadzić do nierównomiernego osadzania metalu, generując powłoki o niejednolitej grubości oraz podwyższonej porowatości. Dlatego też, dokładne określenie optymalnej temperatury,

dostosowanej do rodzaju metalu i chemicznego składu roztworu, jest kluczowe dla osiągnięcia spójnych i trwałych pokryć.

Czas trwania procesu metalizacji bezprądowej ma bezpośredni wpływ na grubość oraz morfologię powłoki metalowej. Zbyt krótki może skutkować zbyt cienkimi powłokami, które nie zapewniają wystarczającej ochrony lub przewodnictwa. Z drugiej strony, nadmiernie długotrwały proces może doprowadzić do wytworzenia powłok zbyt grubych, narażonych na pęknięcia i odłączenie od polimerowej bazy. Precyzyjne dostosowanie czasu procesu do żądanej grubości i funkcji powłoki jest zatem decydujące dla spełnienia oczekiwanych rezultatów.

Chemiczny skład roztworu używanego do metalizacji, w tym koncentracja jonów metalowych, typ i stężenie reduktora, a także obecność substancji stabilizujących, odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu struktury i właściwości metalowych pokryć. Adekwatne proporcje składników są niezbędne do osiągnięcia jednolitej redukcji metalu oraz formowania gładkich, ciągłych powłok o wysokiej przewodności elektrycznej i pożądanych cechach mechanicznych. Substancje dodatkowe, takie jak zwilżacze czy stabilizatory, mogą być stosowane do modulowania szybkości reakcji oraz do zwiększenia przyczepności powłoki do podłoża.

Ścisła kontrola temperatury, czasu procesu oraz składu chemicznego roztworu metalizującego jest niezbędna do wytwarzania powłok metalowych wysokiej jakości. Optymalizacja tych parametrów umożliwia produkcję pokryć o charakterystykach zgodnych z wymaganiami, takimi jak jednorodność, przewodność elektryczna, odporność na korozję i doskonała adhezja do substratu polimerowego, co znajduje zastosowanie w szerokim spektrum dziedzin przemysłowych (19,20).

Nowoczesne kompozyty przewodzące na osnowie polimerowej

Współczesne kompozyty przewodzące reprezentują innowacyjne połączenie materiałów polimerowych z materiałami przewodzącymi, jak metale czy formy węgla, na przykład nanorurki węglowe czy grafen. Te zaawansowane materiały hybrydowe łączą najlepsze cechy polimerów, w tym niską wagę, elastyczność oraz odporność na działanie środowiska, z przewodnością elektryczną i termiczną dodanych komponentów. Takie właściwości sprawiają, że kompozyty te znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu, w tym w elektronice, branży motoryzacyjnej oraz medycynie.

W elektronice, kompozyty przewodzące pełnią kluczową rolę w rozwoju elastycznych obwodów drukowanych, ekranów dotykowych, a także są wykorzystywane w produkcji czujników i anten. Stanowią one fundament dla elastycznej i noszonej elektroniki, umożliwiając tworzenie urządzeń, które mogą być rozciągliwe, a nawet przezroczyste. Znajdują również zastosowanie w fotowoltaice do tworzenia giętkich paneli słonecznych, które można montować na różnorakich powierzchniach (21–26). Przykładem zastosowania kompozytów przewodzących w elektronice jest publikacja WIM UKW, w której opisano efekty miedziowania bezprądowego elementów wykonanych z polilaktydu uzyskanych metodą druku 3D. W zastosowanej technice metalizacji zastosowano innowacyjną metodę aktywacji powierzchni, z wykorzystaniem powłok taninowych i polidopaminowych nanoszonych prostą techniką zanurzeniową. Wykorzystano unikalną zdolność tych powłok do redukcji jonów metali z ich roztworów wodnych. Aktywację powierzchniową przeprowadzono poprzez osadzenie atomów srebra z wodnego roztworu azotanu srebra. Atomy srebra służyły jako katalizator do bezprądowego miedziowania. Efekty aktywacji i metalizacji oceniano za pomocą oględzin, mikroskopii optycznej, skaningowej mikroskopii elektronowej i analizy rentgenowskiej z dyspersją energii. Osadzoną warstwę miedzi scharakteryzowano dodatkowo poprzez określenie wartości rezystywności powierzchniowej, objętościowej i siły adhezji. Zastosowana metoda pozwoliła na metalizację wydrukowanych w 3D elementów z polilaktydu,

a warstwa miedzi naniosła się nawet w trudno dostępnych miejscach próbki. Jakość osadzonej warstwy miedzi silnie zależała od rodzaju powłoki, czasu nanoszenia powłoki i czasu metalizacji. Generalnie jednak lepszej jakości warstwy miedzi otrzymywano stosując w procesie aktywacji powłokę z kwasu taninowego, co przedstawiono na Fig. 1 (27).

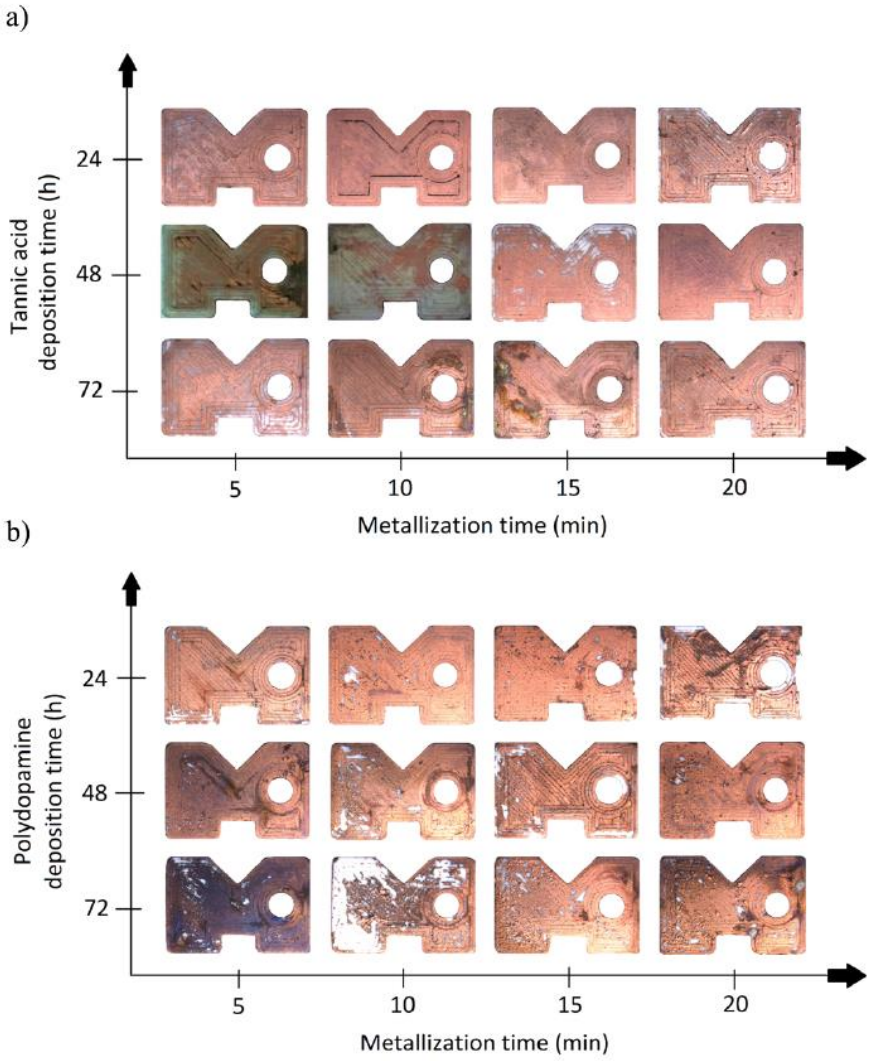


Fig. 1. Efekty metalizowania bezprądowego

W przemyśle motoryzacyjnym, kompozyty przewodzące umożliwiają tworzenie lekkich, ale funkcjonalnych komponentów elektrycznych, takich jak elementy przewodzące prąd elektryczny czy odprowadzające ciepło. Wykorzystuje się je w systemach bezpieczeństwa, w tym czujnikach oraz w układach zarządzania energią, co nabiera szczególnego znaczenia w kontekście rosnącej popularności pojazdów elektrycznych. Ponadto, właściwości kompozytów w zakresie tłumienia interferencji EMI/RFI są wykorzystywane do ochrony wrażliwych komponentów elektronicznych (28,29).

W sektorze medycznym, kompozyty przewodzące otwierają nowe możliwości dla urządzeń medycznych, w tym implantów i czujników monitorujących stan zdrowia, a także znajdują zastosowanie w elektrostymulacji, wspomagając regenerację nerwów i tkanki mięśniowej. Dzięki swojej biokompatybilności i elastyczności, są idealne do tworzenia implantów i urządzeń noszonych, które mogą monitorować parametry życiowe oraz administrować leki. Służą również do konstruowania interfejsów mózg-komputer, co może przynieść przełom w terapii uszkodzeń neurologicznych (30).

Postęp w dziedzinie kompozytów przewodzących jest dynamicznie napędzany przez rozwój nanotechnologii i inżynierię materiałową, co skutkuje powstawaniem innowacyjnych rozwiązań z potencjałem znaczącego wpływu na przyszłość technologii i medycyny.

Metody analizy jakości i trwałości powłok metalicznych

Metody charakteryzacji są kluczowe do oceny jakości i długotrwałości metalowych powłok aplikowanych na różnorodne podłoża, w tym tworzywa polimerowe. Spośród dostępnych technik, wyróżnić można między innymi: mikroskopię elektronową, spektroskopię rentgenowską oraz testy adhezyjne, dostarczające istotnych danych o morfologii, składzie chemicznym, a także o sile przyczepności powłok metalowych do podłoża.

Mikroskopia elektronowa, obejmująca skaningową mikroskopię elektronową (SEM) oraz transmisyjną mikroskopię elektronową (TEM), umożliwia szczegółowe obserwacje topografii oraz struktury materiału na poziomie nanoskalowym. SEM jest wykorzystywana do analizy morfologicznej i strukturalnej powierzchni powłok metalowych, pozwalając na identyfikację ich jednorodności, porowatości oraz potencjalnych uszkodzeń, jak pęknięcia czy nierówności. TEM, natomiast, umożliwia bardziej szczegółową ocenę struktury wewnętrznej materiału, w tym rozkładu i rozmiarów nanocząsteczek metali w powłoce (31,32).

Spektroskopia rentgenowska, z metodami takimi jak dyfrakcja rentgenowska (XRD) i spektroskopia fluorescencji rentgenowskiej (XRF), służy do badania chemicznego składu i struktury krystalicznej metalowych powłok. XRD umożliwia rozpoznawanie faz krystalicznych oraz ocenę krystaliczności powłoki, co ma znaczenie dla zrozumienia jej właściwości mechanicznych i termicznych. XRF, z kolei, pozwala na precyzyjne ustalenie składu elementarnego powłoki, co jest niezbędne do oceny jej jakości oraz jednolitości chemicznej (33,34).

Testy adhezyjne są niezbędne do weryfikacji trwałości wiązania powłoki metalowej z podłożem polimerowym. Najczęściej stosowane testy to test kratkowy i test zrywający. Test kratkowy polega na aplikacji specjalnego wzoru w formie kraty na powierzchni powłoki, a następnie na użyciu taśmy klejącej do oceny ilości powłoki, która zostaje usunięta przy zrywaniu taśmy. Test zrywający, czyli pull-off test, polega na przyklejeniu do powłoki metalowej dysku, który następnie jest odciągany z określoną siłą, mierząc maksymalną siłę konieczną do odłączenia powłoki od polimeru (35,36).

Zaawansowane techniki charakteryzacji, takie jak mikroskopia elektronowa, spektroskopia rentgenowska oraz testy adhezyjne, są kluczowe dla dokładnej analizy morfologii, składu chemicznego i adhezji powłok metalowych, co jest niezbędne do osiągnięcia ich wysokiej funkcjonalności i niezawodności w zastosowaniach inżynierskich i technologicznych.

Przyszłość metalizowania bezprądowego

Kontynuacja badań nad innowacyjnymi materiałami i kompozytami przewodzącymi, takimi jak przewodzące polimery czy nanomateriały, w tym grafen i nanorurki węglowe, może znacząco rozszerzyć horyzonty możliwości związanych z technologią bezprądowej metalizacji. Badanie nowatorskich metod aplikacji, które mogłyby podnieść wydajność procesu oraz zapewnić jeszcze dokładniejszą kontrolę nad strukturą i funkcjami powłok metalicznych, jest kluczowe dla dalszego postępu w tej dziedzinie.

Metalizacja bezprądowa materiałów polimerowych otwiera szerokie perspektywy dla przyszłości elektroniki elastycznej i noszonej, umożliwiając wytwarzanie urządzeń elastycznych i giętkich, które można dostosować do szerokiego zakresu nowych zastosowań, od inteligentnych tkanin aż po zaawansowane urządzenia monitorujące zdrowie.

W sektorze motoryzacyjnym i lotniczym, ta technologia ma potencjał do kreowania lekkich, lecz wytrzymałych komponentów, które mogą przyczynić się do zwiększenia

efektywności paliwowej pojazdów i statków powietrznych oraz poprawić bezpieczeństwo i komfort użytkowania.

W medycynie, metalizowane kompozyty polimerowe mogą znaleźć zastosowanie w tworzeniu nowej generacji implantów, czujników medycznych oraz interfejsów biologicznych, które będą się jeszcze lepiej integrować z organizmem ludzkim, otwierając nowe możliwości w terapii i diagnostyce.

Doskonalenie przyczepności powłok metalicznych do różnorodnych podłoży polimerowych, optymalizacja procesów w celu zwiększenia ich wydajności i zmniejszenia kosztów produkcji, a także rozwój metod produkcji przyjaznych dla środowiska, wymagają interdyscyplinarnego podejścia i współpracy pomiędzy naukowcami, inżynierami a sektorem przemysłowym.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”

Bibliografia

1. Sheokand B, Vats M, Kumar A, Srivastava CM, Bahadur I, Pathak SR. Natural polymers used in the dressing materials for wound healing: Past, present and future. J Polym Sci. 2023 Jul;61(14):1389–414.
2. Qiao Y, Fring LD, Pallaka MR, Simmons KL. A review of the fabrication methods and mechanical behavior of continuous thermoplastic polymer fiber–thermoplastic polymer matrix composites. Polym Compos. 2023 Feb;44(2):694–733.
3. Holden G. Thermoplastic Elastomers. Appl Plast Eng Handb. 2024 Jan;97–113.
4. Valijam S, Nilsson DPG, Malyshev D, Öberg R, Salehi A, Andersson M. Fabricating a dielectrophoretic microfluidic device using 3D-printed moulds and silver conductive paint. Sci Reports 2023 131. 2023 Jun;13(1):1–10.
5. Zhang J, Ahmadi M, Serra M, Jimenez-Pique E, Llanes L, Fargas G. Integration of conductive silver sensors on zirconia ceramics by screen-printing for monitoring strain under applied load. Ceram Int. 2023 Apr;49(7):11579–88.
6. Han Q, Gao Y, Su T, Qin J, Wang C, Qu Z, et al. Hydrometallurgy recovery of copper, aluminum and silver from spent solar panels. J Environ Chem Eng. 2023 Feb;11(1):109236.
7. Ren X, Wang H, Chen J, Xu W, He Q, Wang H, et al. Emerging 2D Copper-Based Materials for Energy Storage and Conversion: A Review and Perspective. Small. 2023 Feb;19(8):2204121.
8. Pan Q, Ping Y, Kong W. Nickel-Catalyzed Ligand-Controlled Selective Reductive Cyclization/Cross-Couplings. Acc Chem Res. 2023 Mar;56(5):515–35.
9. Wang J, Lei X, Guo S, Gu L, Wang X, Yu A, et al. Doping Strategy in Nickel-Rich Layered Oxide Cathode for Lithium-Ion Battery. Renewables. 2023 Jun;1(3):316–40.
10. Bretosh K, Hallais S, Chevalier-Cesar C, Zucchi G, Bodelot L. Gold metallization of hybrid organic-inorganic polymer microstructures 3D printed by two-photon polymerization. Surfaces and Interfaces. 2023 Jul;39:102895.
11. Hu Q, Zhao G, Guo H, He J, Liu H, Wu R, et al. Preparation and SERS performance of gold nanoparticles-decorated patterned silicon substrate. Appl Surf Sci. 2023 Nov;638:157966.

12. Ahmed Hashmi S, Mohamad Farid Nik Ismail N, Mohd Jani J. REVIEW OF 3D MOLDED INTERCONNECT DEVICE (3D-MID) IN THE PROSPECTIVE OF ADDITIVE MANUFACTURING. Acad J Manuf Eng. 19:2021.
13. Tengsuthiwat J, Sanjay MR, Siengchin S, Pruncu CI. 3D-MID Technology for Surface Modification of Polymer-Based Composites: A Comprehensive Review. Polym 2020, Vol 12, Page 1408. 2020 Jun;12(6):1408.
14. Zhang HW, Huang ML, Luo JQ, Xu ZQ, Chen YM, Feng ZS, et al. Metallization of Polyamide-imide for High-Frequency Communication by Polyethylenimine Modification and Electroless Copper Plating. ACS Appl Polym Mater. 2023 Dec;5(12):10032–41.
15. Sang W, Zhang R, Shi X, Dai Y. Advanced Metallized Nanofibers for Biomedical Applications. Adv Sci. 2023 Sep;10(27):2302044.
16. Bellanger M, Laurens P, Tatoulian M, Arefi-Khonsari F. Surface treatment of poly butylene terephthalate by an excimer laser and a dielectric barrier discharge plasma prior to Cu metallization. Proc 18th Int Conf Surf Modif Technol. 2006 May;2006:289–94.
17. Muraliraja R, Anthoni Sagaya Selvan R, Selvakumar A, Franco M, Tamilarasan TR, Sanjith U, et al. A review of electroless coatings on non-metals: Bath conditions, properties and applications. J Alloys Compd. 2023 Oct;960:170723.
18. Żenkiewicz M, Moraczewski K, Rytlewski P, Stepczyńska M, Jagodziński B. Electroless metallization of polymers. Arch Mater Sci Eng. 2015;74(2).
19. Trivedi A, Gurrala PK. Investigation on electroless metallized fused filament fabricated ABS parts. Mater Manuf Process. 2023 Jun;38(8):960–70.
20. Turro C, Dressick WJ. Electroless Metallization of the Elements: Survey and Progress. ACS Appl Electron Mater. 2022 Dec;4(12):5664–732.
21. Maruthi N, Faisal M, Raghavendra N. Conducting polymer based composites as efficient EMI shielding materials: A comprehensive review and future prospects. Synth Met. 2021 Feb;272:116664.
22. Zhang F, Feng Y, Feng W. Three-dimensional interconnected networks for thermally conductive polymer composites: Design, preparation, properties, and mechanisms. Mater Sci Eng R Reports. 2020 Oct;142:100580.
23. Guo Z, Poot AA, Grijpma DW. Advanced polymer-based composites and structures for biomedical applications. Eur Polym J. 2021 Apr;149:110388.
24. Xu X, Zhou J, Chen J. Thermal Transport in Conductive Polymer–Based Materials. Adv Funct Mater. 2020 Feb;30(8):1904704.
25. Chen J, Zhu Y, Huang J, Zhang J, Pan D, Zhou J, et al. Advances in Responsively Conductive Polymer Composites and Sensing Applications. Polym Rev. 2021;61(1):157–93.
26. Xu Y, Wang X, Hao Q. A mini review on thermally conductive polymers and polymer-based composites. Compos Commun. 2021 Apr;24:100617.
27. Moraczewski K, Trafarski A, Karasiewicz T, Mazurkiewicz M, Szabliński K, Augustyn P, et al. Copper electroless metallization of 3D printed poly(lactide acid) elements via tannic acid or polydopamine coatings and silver catalyst. Mater Today Commun. 2023 Mar;34:105332.
28. Salifu S, Desai D, Ogunbiyi O, Mwale K. Recent development in the additive manufacturing of polymer-based composites for automotive structures—a review. Int J Adv Manuf Technol. 2022 Apr;119(11–12):6877–91.
29. Oladele IO, Omotosho TF, Adediran AA. Polymer-Based Composites: An Indispensable Material for Present and Future Applications. Int J Polym Sci. 2020;2020.

30. Idumah CI. Novel trends in conductive polymeric nanocomposites, and bionanocomposites. Synth Met. 2021 Mar;273:116674.
31. Huang J, Gui C, Ma H, Li P, Wu W, Chen Z. Surface metallization of PET sheet: Fabrication of Pd nanoparticle/polymer brush to catalyze electroless nickel plating. Compos Sci Technol. 2021 Jan;202:108547.
32. Li M, Song B, Su L, Jin Z, Cai Z, Zhao Y. Electroless Nickel Metallization on Palladium-free Activated Polyamide Fabric for Electromagnetic Interference Shielding. Fibers Polym. 2021 Sep;22(9):2433–9.
33. Chen WJ, Lai TY. Effectiveness of tungsten addition on the performance of electroplated nickel diffusion barriers for copper metallization on textured silicon. Thin Solid Films. 2022 Mar;746:139122.
34. Daoush WM, Alkhuraiji TS, Alshammri AD. Fabrication of Polycrystalline Cubic Boron Nitride/Metal Composite Particles by Surface Metallization Followed by Electroless Deposition Technique. Mater 2021, Vol 14, Page 7906. 2021 Dec;14(24):7906.
35. Petrova M, Georgieva M, Lazarova D, Dobrev D, Pavlov T. Electroless metallisation of ABS polymer samples produced by different technologies. Trans IMF. 2021 Jul;99(4):188–93.
36. Tsai J-T, Akin S, Zhou F, Park MS, Bahr DF, Jun MB-G. Electrically Conductive Metallized Polymers by Cold Spray and Co-Electroless Deposition. ASME Open J Eng. 2022 Jan;1.

METODYKA BADAŃ PROCESU ROZDRABNIANIA ELEMENTÓW WYKONANYCH Z PLA

Szczepańczyk A., Musiał J.
Wydział Mechatroniki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Polska

Streszczenie. Celem badań jest zrozumienie procesów zachodzących podczas rozdrabniania elementów z PLA oraz identyfikacja potencjalnych obszarów do dalszych badań. Poznanie i zrozumienie zjawisk zachodzących podczas procesu rozdrabniania pozwali na optymalizację warunków przetwarzania, co ma kluczowe znaczenie w kontekście efektywnego wykorzystania PLA w różnych aplikacjach.
W niniejszym artykule przedstawiono najistotniejsze zagadnienia związane z przetwarzaniem polilaktydu (PLA), omówiono także kierunki dalszych, planowanych prac w tym zakresie.
Słowa kluczowe: polilaktyd, tworzywa, rozdrabnianie, granulat, recykling.

1. WPROWADZENIE

Tworzywa sztuczne, w tym polilaktyd (PLA), stanowią ważną grupę materiałów stosowanych w różnych dziedzinach przemysłu i nauki.

Rozdrabnianie elementów z tworzywa PLA jest procesem, który odgrywa istotna rolę w recyklingu i przetwarzaniu odpadów tego materiału. Podczas rozdrabniania elementów z PLA obserwuje się szereg interesujących zjawisk fizycznych i chemicznych. Jednym z głównych zjawisk towarzyszących rozdrabnianiu jest zmiana właściwości mechanicznych materiału. Ważnym aspektem procesu rozdrabniania elementów z PLA jest wydajność, która jest ściśle powiązana z takimi parametrami jak:

- temperaturą,
- prędkością,
- rodzajem użytego narzędzia.

W literaturze naukowej istnieje wiele doniesień na temat wpływu różnych czynników na proces rozdrabniania tworzywa PLA [1, 2, 3, 4, 5], jednakże istnieje potrzeba dalszych badań w tej dziedzinie. Nowoczesne techniki obrazowania, takie jak mikroskopia czy tomografia, mogą być wykorzystane do analizy morfologii rozdrobnionych cząstek PLA. Badanie zjawisk termicznych zachodzących podczas procesu rozdrabniania może dostarczyć istotnych informacji na temat stabilności termicznej materiału. Ponadto, reaktywność chemiczna rozdrobnionego PLA oraz jego zdolność do degradacji są także tematami, wymagającymi dogłębnej analizy. Wpływ procesu rozdrabniania na właściwości reologiczne (odkształcenia) PLA może mieć istotne konsekwencje dla jego dalszego przetwarzania. Zjawiska towarzyszące rozdrabnianiu elementów z tworzywa PLA są złożone i wymagają interdyscyplinarnej analizy.

Rozdrabnianie tworzyw, takich jak polilaktyd (PLA), stanowi istotny proces w kontekście zrównoważonego zarządzania odpadami. Głównym celem tego procesu jest możliwość ponownego wykorzystania materiału i ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko (rys. 1).



Rys. 1. Przykładowa linia do produkcji regranulatu (www.plast-mar.pl)

Rozdrabnianie PLA prowadzi do uzyskania mniejszych frakcji materiału, które są łatwiejsze do dalszego przetwarzania. Regranulat PLA może być wykorzystany do produkcji nowych wyrobów, co z kolei zmniejsza zapotrzebowanie na surowce pierwotne (rys. 2). Proces ten jest również istotny z punktu widzenia zmian właściwości fizycznych, chemicznych i mechanicznych jakie zachodzą w surowcu w procesie jego przetwarzania. Proces recyklingu wpływa na takie parametry jak jakość, wydajność, czy wytrzymałość nowopowstałych komponentów [6].



Rys. 2. Granulat tworzywowy (www.bekuplast.pl/blog/granulaty-w-produkcji-tworzyw-sztucznych)

Elementem nieodłącznie związanym z polilaktydem (PLA) jest druk 3D. Jest to technologia, która ma potencjał znacząco zmniejszyć ilość odpadów tworzywowych oraz wykorzystać materiały z recyklingu w procesach produkcyjnych. [7]

Zauważalne jest, że tradycyjne metody produkcyjne generują duże ilości odpadów, zarówno na etapie produkcji, jak i po użyciu (cykl życia produktu). Druk 3D pozwala na bardziej precyzyjne i ekonomiczne wykorzystanie materiału, a co za tym idzie - ogranicza ilość odpadów. Ponadto, technologia ta umożliwia personalizację produkcji, co minimalizuje ryzyko nadprodukcji i generowania niepotrzebnych kosztów, chociażby w zainwestowanym surowcu, w magazynowaniu wyprodukowanych detali, czy ewentualną utylizacją nadprodukcji.[8, 9, 10, 11]

Jednym z kluczowych aspektów jest możliwość wykorzystania (re)granulatu powstałego w procesie recyklingu elementów wytarzanych w procesie druku 3D – czy to modele uszkodzone, czy elementy technologiczne jak supporty. To otwiera nowe perspektywy

zarządzania odpadami poprzez zamknięcie cyklu materiałowego i wykorzystanie surowca wtórnego.

2. METODYKA BADAŃ

Badania nad wykorzystaniem granulatu z recyklingu w druku 3D skupiają się na optymalizacji procesu, jak i ocenie jakości i właściwości wydrukowanych elementów. Wprowadzenie materiałów z recyklingu do druku 3D to także krok w kierunku zrównoważonej produkcji, która ogranicza negatywny wpływ na środowisko. Jednym z wyzwań jest zapewnienie, aby wydrukowane elementy miały odpowiednie właściwości mechaniczne i estetyczne przy użyciu materiałów z recyklingu. Działania badawcze, w tym zakresie, mają na celu rozwój metodologii i technologii, które pozwolą na efektywne wykorzystanie surowców wtórnych w druku 3D. W ten sposób druk 3D staje się nie tylko metodą wytwarzania, ale także narzędziem w gospodarce obiegu zamkniętego, co jest kluczowe dla osiągnięcia bardziej zrównoważonej przyszłości. [12, 13]

Jako materiał do badań przyjęto polilaktyd, który jest jednym z najpowszechniej używanych materiałów w procesie druku 3D.

Zajmując się właściwościami elementów drukowanych, należy zwrócić uwagę na szereg aspektów mających kluczowe znaczenie dla optymalizacji procesu druku 3D i minimalizowania odpadów. Pierwszym z parametrów jest wytrzymałość mechaniczna drukowanych elementów. PLA jest popularnym materiałem w druku 3D ze względu na swoją biodegradowalność i łatwość drukowania, jednak jego wytrzymałość może być różna w zależności od warunków druku i geometrii elementu [14]. Testy wytrzymałościowe pomagają w ocenie procesu, np. jak zmiana parametrów druku wpływa na finalną wytrzymałość mechaniczną wykonanych elementów.

Niezwykle istotnym parametrem, mającym ogromne znaczenie na jakość i wytrzymałość druku jest odpowiednia jakość filamentu. Zdarzają się filamenty np. ze zbyt dużą domieszką pigmentu co wprost przekłada się na pogorszenie jakości detali a wręcz do problemów z samym procesem druku (np. zapychanie dysz).

Kolejnym aspektem jest dokładność druku. Dla wielu zastosowań, szczególnie w przemyśle, istotne jest osiągnięcie dużej dokładności geometryczno-wymiarowej i powtarzalności w drukowanych elementach. Do dyspozycji jest coraz więcej technik druku tj.: SLA, SLS, PolyJet, CJP czy techniki FDM. Wybór odpowiedniej metody zależny jest od konkretnego zadania.

Na jakość wydruku w technikach wykorzystujących filament, wpływ mają takie czynniki, jak:

- temperatura druku,
- prędkość drukowania,
- ustawienia geometrii drukowanej części,
- rodzaj użytego filamentu.

Odpowiedni dobór tych parametrów pozwala zoptymalizować proces druku w taki sposób aby ilość wad czy niepożądanych artefaktów była jak najmniejsza.

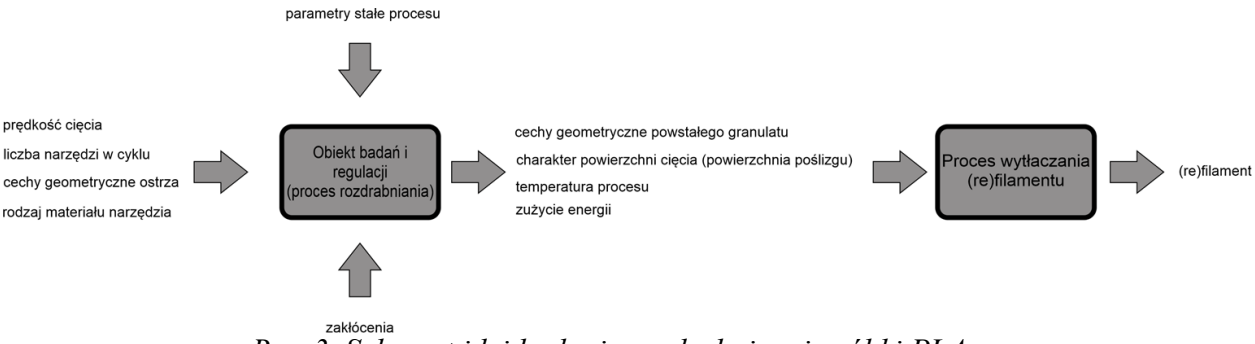
Aby zminimalizować ilość odpadów (chociażby poprzez zmniejszenie ilości użytych supportów), należy skupić się na prawidłowym przygotowaniu geometrii, mając na uwadze, jakimi metodami będzie wytwarzany detal. Każda technologia wytwarzania ma swoje charakterystyczne cechy. Należy o tym pamiętać już na etapie wykonywania projektu. Przy elementach drukowanych należy przeanalizować strategie optymalizacji stopnia wypełnienia wewnętrznego wykonywanej geometrii elementów, a także rodzaj tego wypełnienia. Odpowiedni dobór tych parametrów pozwala zmniejszyć zużycie materiału przy zachowaniu wymaganej wytrzymałości. Ma to także wpływ na czas procesu drukowania.

Aby optymalnie i efektywnie wykorzystać materiał stosowany w druku 3D należy po raz wtóry zastosować go w druku wykorzystując proces rozdrabiania elementów odpadowych. Kluczowe jest dogłębne poznanie zjawisk zachodzących w procesie rozdrabniania, za pomocą takich techniki jak skaning laserowy, mikroskopia, mikrotomografia czy testy wytrzymałościowe. Pozwoli to na kompleksową ocenę właściwości (nowo)drukowanych elementów z (re)PLA.

Mając na uwadze powyższe, algorytm i kolejność prac związanych z badaniami procesu rozdrabniania elementów wykonanych z PLA, przedstawia się następująco:

1. **Przygotowanie próbek:**
   Przygotowanie próbek PLA o ustalonych wymiarach i właściwościach. Sprawdzenie, czy próbki są jednorodne pod względem struktury i składu chemicznego.
2. **Przygotowanie stanowiska do badań wstępnych**
   Planowane jest użycie młota Charpy'ego zmodyfikowanego w taki sposób, aby można było zaobserwować zjawiska tribologiczne zachodzące przy jednym ostrzu o różnej geometrii.
3. **Przygotowanie stanowiska do badań zasadniczych**
   Zbudowanie stanowiska umożliwiającego badania przy wielu ostrzach .
4. **Dobór parametrów procesu rozdrabniania:**
   Określenie parametrów procesu rozdrabniania, takich jak prędkość cięcia, temperatura, wysokość mocowania ostrza (miejsce jego zwolnienia do spadku) itp.
5. **Rozdrabnianie próbek:**
   Przeprowadzenie procesu rozdrabniania próbki PLA zgodnie z wybranymi parametrami. Należy pamiętać o zachowaniu powtarzalności i dokładności procesu.
6. **Ocena rozmiaru cząstek:**
   Po zakończeniu rozdrabniania, dokonanie oceny rozmiaru cząstek otrzymanych próbek.
7. **Analiza morfologiczna:**
   Wykonanie analizy morfologicznej otrzymanych próbek PLA. Opisanie kształtu próbek, powierzchni, ewentualnych uszkodzeniach.
8. **Badania optyczne i mikrotomografem:**
   Przeprowadzenie pomiarów z wykorzystaniem optycznej maszyny pomiarowej oraz zbadanie struktury wewnętrznej dzięki użyciu mikrotomografu.
9. Pokladkowa analiza obrazu z procesu rozdrabniania danej próbki:
   Opisanie zjawisk zaobserwowanych dzięki szybkoklatkowej kamerze monitorującej moment uderzenia ostrza w badaną próbkę PLA.
10. **Statystyczna analiza danych:**
    Po otrzymaniu wyników, przeprowadzenie analizy statystycznej, aby ocenić istotność wpływu określonych parametrów na proces rozdrobnienia.
11. **Interpretacja wyników:**
    Na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzenie analizy i interpretacji wpływu różnych parametrów rozdrabniania na parametry wyjściowe próbki PLA.

Zaproponowane powyżej algorytm pozwala na dobranie odpowiedniej metodyki badań w analizie procesu rozdrabniania elementów wykonanych z PLA w celu powtórnego wykorzystania uzyskanego materiału. Metodyka ta została przedstawiona na rysunku poniżej.



Rys. 3. Schemat idei badania rozdrabnianej próbki PLA

Zakres prac możemy podzielić na dwa obszary badań:

- pierwszy dotyczący rozdrabniania,
- drugi dotyczący wytwarzania ponownego filamentu.

W pierwszym obszarze, dość słabo rozpoznanym zagadnieniem są zjawiska zachodzące w miejscu cięcia próbki, na powierzchni styku tworzywo-krawędź ostrze. Celem tej części badań jest określenie i próba opisania zjawisk tribologicznych zachodzących w tym styku. Znalezienie optymalnych parametrów doboru ostrza i procesu rozdrabniania, które nie tylko zapewnią wysoką jakość i powtarzalność, ale także przyczynią się do zrównoważonego wykorzystania surowców i minimalizacji negatywnego wpływu na środowisko.

Do czynników wejściowych w tej części badań zalicza się:

- rodzaj materiału narzędzia,
- liczba narzędzi w cyklu,
- cechy geometryczne ostrza narzędzia np. kąt,
- prędkości cięcia.

Przed przystąpieniem do badań zasadniczych należy przeprowadzić analizę wstępną zjawisk zachodzących w styku pary kinematycznej ostrze (pojedyncze) - materiał rozdrabniany. Do badań wstępnych zaproponowano wykorzystanie zmodyfikowanego stanowiska badawczego, którego zasada działania oparta jest o młot Charpyego. Schemat takiego stanowiska przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Stanowisko badawcze - młot charpy'ego [15]

Do czynników wyjściowych, które należy poddać analizie po procesie rozdrabniania zaliczyć należy:

- cechy geometryczne powstałego granulatu,
- charakter powierzchni cięcia (powierzchnia poślizgu),
- temperatura procesu,

– zużycie energii,

Po otrzymaniu granulatu w procesie rozdrabniania, drugim z obszarów badawczych jest analiza dotycząca ponownego wykorzystania materiału z PLA do druku elementów. Do czynności związanych z tym etapem badań należą:

a. określenie cech materiałowych filamentu pierwotnego,
b. ocena wydrukowanych z niego elementów (cechy geometryczne, cechy mechaniczne np. wytrzymałość),
c. poddanie elementów rozdrabnianiu,
d. wykonanie filamentu wtórnego,
e. określenie cech materiałowych filamentu wtórnego,
f. porównanie cech materiałowych filamentu pierwotnego i wtórnego,
g. ocena wydrukowanych elementów z filamentu wtórnego (cechy geometryczne, cechy mechaniczne np. wytrzymałość),
h. porównanie cech.

Pogłębienie proponowanych kierunków badań może przyczynić się do lepszego zrozumienia procesu rozdrabniania PLA (tworzyw) oraz do opracowania bardziej efektywnych i zrównoważonych metod przetwarzania tego materiału.

3. PODSUMOWANIE

Celem tych badań jest optymalizacja procesu rozdrabniania, w celu uzyskania jak najwyższej jakości recyklatów. Ponadto, rozdrabnianie PLA może być również krokiem w kierunku rozwoju bardziej efektywnych i zrównoważonych metod przetwarzania tworzyw. Analiza zjawisk zachodzących podczas rozdrabniania pozwali na lepsze zrozumienie zachodzących procesów. Istotnym aspektem jest również badanie wpływu rozmiaru cząstek na dalsze etapy przetwarzania i właściwości końcowego produktu. Współczesne techniki analizy, takie jak mikroskopia czy tomografia, pozwalają na dokładne obserwacje struktury rozdrobnionych cząstek PLA. Ten kierunek prac pozwala na opracowanie bardziej efektywnych i zrównoważonych metod recyklingu tworzyw, w tym także PLA. Istotnym aspektem przy tego typu pracach jest także edukacja społeczeństwa w zakresie korzyści płynących z recyklingu i odpowiedzialnego zarządzania gospodarką odpadową. W rezultacie, zwiększenie efektywności procesów rozdrabniania może przyczynić się do ograniczenia negatywnego wpływu produkcji i konsumpcji na środowisko naturalne.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”

BIBLIOGRAFIA

1. Wong J. H, *et al.* Shredder Machine for Plastic Recycling: A review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 1217, 2022.
2. Breški T., et al. Suitability of Recycled PLA Filament Application in Fused Filament Fabrication Process. *Tehnički glasnik*, 2021, 15.4: pp. 491-497.
3. Singh R., et al. On Mechanically Recycled PLA-HAP-CS-based Filaments for 3D Printing of Smart Biomedical Scaffolds. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 2022, 44.9: 416.

4. Bergaliyeva S., et al. Manufacture and Characterization of Polylactic Acid Filaments Recycled from Real Waste for 3D Printing. *Polymers*, 2023, 15.9: 2165.
5. Synyuk O., Musiał J., Zlotenko B., Kulik T. Development of Equipment for Injection Molding of Polymer Products Filled with Recycled Polymer Waste. *Polymers* 2020, *12*, 2725.
6. Rosli N. A., Ahmad I. Mechanical properties of recycled plastics. *Recent Developments in Plastic Recycling*, 2021, pp. 239-258.
7. Bankole I. O., et al. Net zero on 3D printing filament recycling: A sustainable analysis. *Science of The Total Environment*, Volume 894, 2023.
8. Barnatt C. 3D Printing. *CreateSpace Independent Publishing Platform*, 2014.
9. Jordan J. M. 3D Printing. *MIT Press*, 2019.
10. Zastrow M. The new 3D printing. *Nature*, 578.7793, 2020, pp. 20-23.
11. Horvath J., Cameron ,R. Mastering 3D printing. *Berkeley, CA,* Apress, 2014.
12. Pakkanen J., et al. About the Use of Recycled or Biodegradable Filaments for Sustainability of 3D Printing. *Part of the book series: Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2017
13. Netto J., et al. Screw-assisted 3D Printing with Granulated Materials: A Systematic Review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,* 2021, 115: pp. 2711-2727.
14. Nowak B., Pająk J. Biodegradacja polilaktydu (PLA). *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*, 2010.
15. Macko M., Tomaszewska E., Szczepański Z. Eksperymentalne badania rozdrabniania jednokrotnego. *TTS Technika Transportu Szynowego*. R. 22, nr 12, 2015.

KONCEPCJA ALTERNATYWNEJ LASKI DLA OSÓB NIEDOWIDZĄCYCH

Szczepańczyk A., Nowak J., Kopowski J., Lewandowski J., Kawczyński M., Prądzyński K., Skowron M., Sochacki S., Wołowicz P.
Wydział Mechatroniki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, Polska

Streszczenie. W artykule przedstawiono historię i rozwój koncepcji lasek dla osób niewidomych i niedowidzących, z naciskiem na alternatywne rozwiązania wspierające bezpieczeństwo i codzienne funkcjonowanie użytkowników. Tradycyjne, czarne lub brązowe laski wykorzystywane przez wiele lat zostały uzupełnione o koncepcję białej laski w pierwszej połowie XX wieku, wprowadzoną w Anglii i Francji, która zapewniała lepszą widoczność i bezpieczeństwo użytkownikom. Po drugiej wojnie światowej w USA opracowano laski o prostych, lekkich konstrukcjach wykonane z nowoczesnych materiałów, takich jak włókno węglowe czy aluminium, co dodatkowo zwiększało ich funkcjonalność. Obecnie na rynku dostępne są liczne prototypy lasek dla osób niewidomych, które wykorzystują zaawansowane technologie. Przykładowe rozwiązania oparte są na czujnikach ultradźwiękowych, sygnałach dźwiękowych i GPS, umożliwiając określenie pozycji użytkownika, wykrywanie przeszkód oraz szybkie wezwanie pomocy w sytuacjach kryzysowych. Dodatkowo, niektóre rozwiązania integrują czujniki wilgoci, podczerwieni czy detektory ognia, co zwiększa funkcjonalność laski i zapewnia dodatkowe zabezpieczenia dla użytkownika.
Podsumowując, rozwój technologiczny w dziedzinie lasek dla osób niewidomych przyczynił się do stworzenia bardziej funkcjonalnych i bezpiecznych rozwiązań, które mogą znacząco poprawić jakość życia i samodzielność osób z dysfunkcją narządu wzroku.
Słowa kluczowe: laska dla niewidomych, smart laska dla niewidomych i niedowidzących, wirtualna laska dla niewidomych, elektroniczna laska dla niewidomych i niedowidzących.

WPROWADZENIE

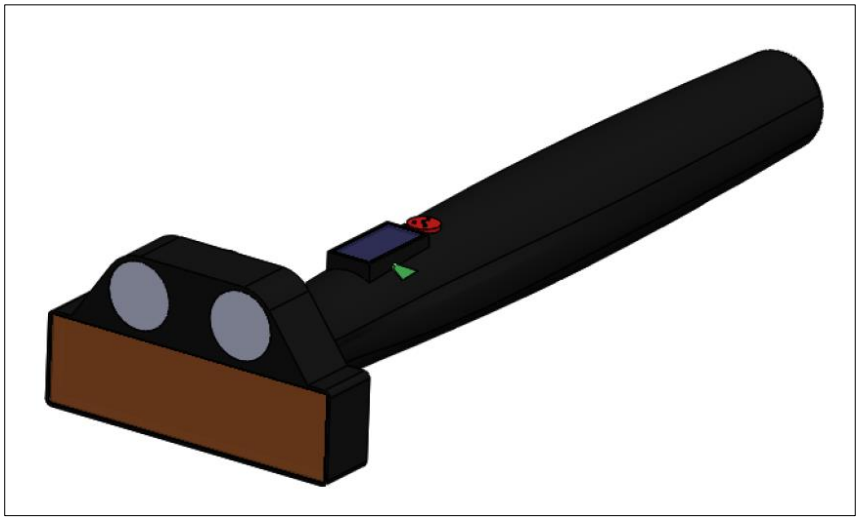
Biała laska jest atrybutem charakterystycznym i wykorzystywanym przez osoby niewidome i niedowidzące w codziennym funkcjonowaniu, jako pomoc w wykrywaniu przeszkód. Początkowo osoby z dysfunkcją narządu wzroku wykorzystywały tradycyjne, czarne lub brązowe laski. W latach 30 XX wieku w Anglii i Francji wprowadzono koncepcję białej laski, jako bardziej widocznej i zapewniającej bezpieczeństwo osobie niepełnosprawnej [1]. Po drugiej wojnie światowej w Stanach Zjednoczonych dodatkowo opracowano koncepcję prostej i lekkiej konstrukcji: uchwyt z rękojeścią przytwierdzony był do prostej laski wykonanej z włókna węglowego, aluminium, grafitu – z zakończeniem prostym lub obrotowym, wykonanym z metalu lub innego materiału, który pozwala na odbiór jak największej ilości informacji z podłoża [1].

W celu zapewnienia większego bezpieczeństwa osobie niewidomej laska pokryta jest odblaskową białą farbą, z dodatkowo naniesionym na pewnych wysokościach fluorescencyjnymi czerwonymi paskami. Dzięki temu osoba niewidoma jest również lepiej widoczna dla pozostałych uczestników ruchu. Przez lata białe laski funkcjonowały w dwóch odsłonach: jako układ jednoelementowy oraz w wersji składanej (wielosegmentowej), z możliwością szybkiego rozłożenia laski do pełnej długości [1]. Wszechobecna automatyzacja i ciągły postęp techniczny sprawiły, że na rynku pojawiło się wiele prototypów lasek dla osób niewidomych, w wersji kompaktowej. Jedną z nich jest propozycja rozwiązania opartego na czujnikach ultradźwiękowych i sygnałach dźwiękowych [2]. Rozwiązanie pozwala na określenie pozycji użytkownika poprzez GPS. Ma również wbudowany przycisk alarmowy, zapewniający możliwość szybkiego wezwania pomocy [2]. Całość została wykonana z elementów zapewniających lekkość i długą żywotność baterii. Lokalizacja GPS jest na bieżąco przekazywana do chmury, do której ciągły dostęp ma zapewniony opiekun danego użytkownika

[2]. W rozwiązaniu tym ponadto zastosowano dwa miedziane zaciski, przewodzące wodę, oraz czujnik podczerwieni, do wykrywania przeszkód typu kałuże [2]. Podobne rozwiązanie, bazujące na mikrokontrolerze, połączonym z czujnikiem ultradźwiękowym, zbliżeniowym oraz detektorem wilgoci, zostało zaprezentowane w pracy [3]. Dodatkowo siła wibracji pochodzących z silnika pozwala poprzez brzęczyk lub miganie diody LED określić precyzyjnie odległość od przeszkody [3]. Czujnik ultradźwiękowy pozwala na pomiar odległości w zakresie od 2 cm do 3 m. Także autorzy [4] zaprezentowali koncepcję bazującą na mikrokontrolerze Arduino UNO oraz czujniku ultradźwiękowym, czujniku ognia i wody. Z uwagi na fakt, że Arduino UNO nie pozwala na bezpośrednie wyprowadzenie dźwięku, aby wyemitować sygnał dźwiękowy ostrzegający tzw. brzęczyk, zastosowano układ scalony APR9600 [4]. Czujnik ognia jest typowym, dla którego rezystancja maleje wraz ze wzrostem temperatury. Reaguje on na długość fali EM. Odbiornik czujnika wykrywa promieniowanie elektromagnetyczne pochodzące od przeszkody ogniowej i reaguje na nie, wysyłając sygnał elektryczny do arduino i powodując emisję alertu dźwiękowego [4]. Dodatkowo do wykrywania obecności ognia stosowana jest fotodioda. Rozwiązanie to również pozwala na określenie pozycji GPS oraz szybkie wygenerowanie sygnału alarmowego w przypadku sytuacji kryzysowej. Zastosowanie czujników ultradźwiękowych zostało również zaprezentowane w pracy [5]. Rozwiązanie także bazuje na mikrokontrolerze Arduino UNO połączonym z czujnikiem ultradźwiękowym, wykrywającym przeszkodę oraz emiterem sygnału dźwiękowego. Drugim elementem konstrukcji układu jest Arduino Nano pozwalające na połączenie układu ze smartfonem (przesyłanie lokalizacji GPS).. Oba elementy mają wspólne źródło zasilania – zasilacz 9V [5]. Wciśnięcie przycisku alarmowego pozwala osobie niewidomej na wysłanie sms do opiekuna z lokalizacją GPS. Szczególny rodzaj laski został opisany w pracy [6]. Jest to rozwiązanie przeznaczone dla osób starszych. Również oparte na module GPS. Pozwala ono na wysłanie SMS z informacją alarmową dla opiekunów lub odpowiednich służb. Urządzenie pozwala na korzystanie z aplikacji mobilnej [6], która za pośrednictwem dołączonej słuchawki przekazuje użytkownikowi szczegółowe informacje dotyczące miejsca, w którym się znajduje. Urządzenie posiada również wbudowaną latarkę oraz czujnik podłoża. Minusem jest fakt, że dla osiągnięcia pełni funkcjonalności należy laskę dołączyć do specjalnej platformy. W tej formie może ona stanowić coś na kształt „balkonika” dla osób bardzo schorowanych i z większymi problemami z poruszaniem się [6].

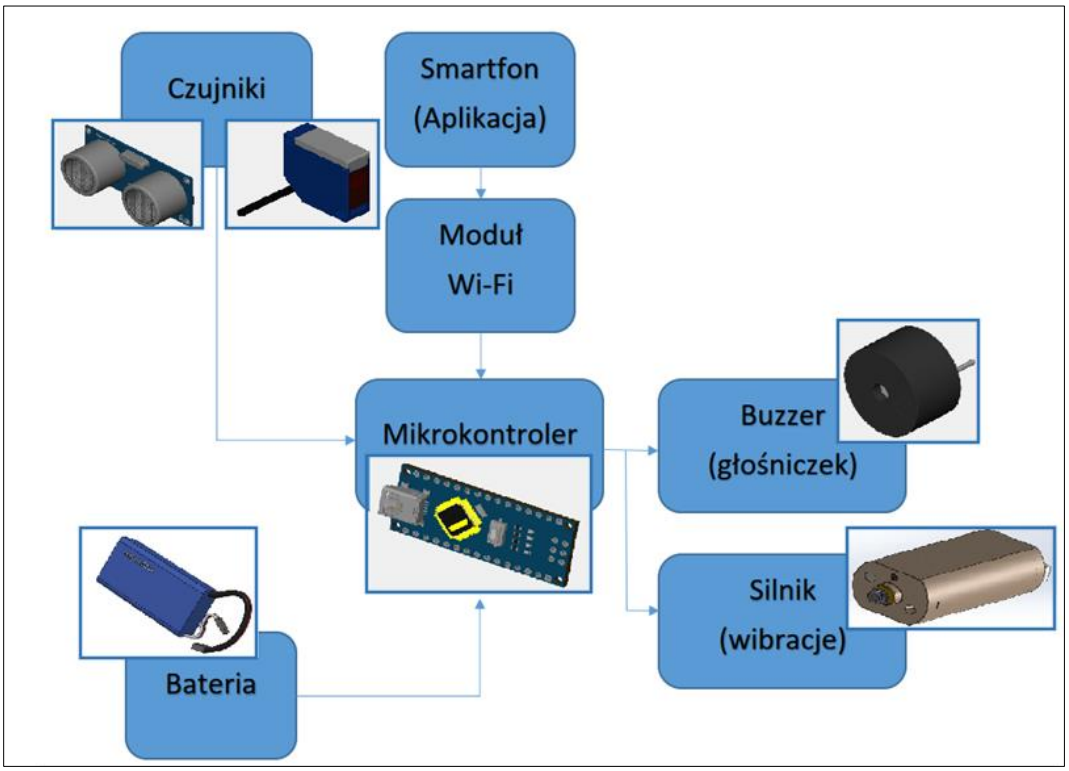
KONCEPCJA PROPONOWANEGO ROZWIĄZANIA

W ramach prowadzonych prac badawczych zostało opracowanych kilka koncepcji rozwiązania, alternatywnego dla tradycyjnej białej laski. Jedną z nich jest propozycja urządzenia elektronicznego, mechatronicznej laski (rys. 1), wyposażonej w czujniki pozwalające wykryć przeszkodę (np. laserowe, ultradźwiękowe lub oparte na technologii LiDAR), system nawigacyjny GPS – określający precyzyjnie położenie użytkownika i pozwalający na wytyczenie możliwie najprostszej i najbardziej korzystnej trasy oraz sygnalizatory dźwiękowe i wibracyjne, ostrzegające o zbliżającej się przeszkodzie. Zwiększenie natężenia dźwięku i wibracji miałoby ostrzegać o bliskiej odległości od przeszkody, natomiast zmniejszenie natężenia – o oddalaniu się od przeszkody.



Rys. 1. Koncepcja elektrycznej laski

Laska byłaby wielkości pilota od telewizora, a dzięki ergonomicznej konstrukcji nie dostarczałaby problemów w użytkowaniu osobom niewidomym i niedowidzącym, pozwalając na zachowanie dyskrecji. Koncepcja zakłada zasilanie laski z wykorzystaniem baterii, które można ładować. Jest to zatem urządzenie bardzo ekonomiczne. Ponadto, dzięki wyposażeniu go w moduł wi-fi, może być sterowane przy pomocy aplikacji instalowanych w smartfonach lub innych urządzeniach z systemem android, IOS czy też Windows. Na rysunku 2 został przedstawiony schemat blokowy szczegółowej konstrukcji urządzenia.

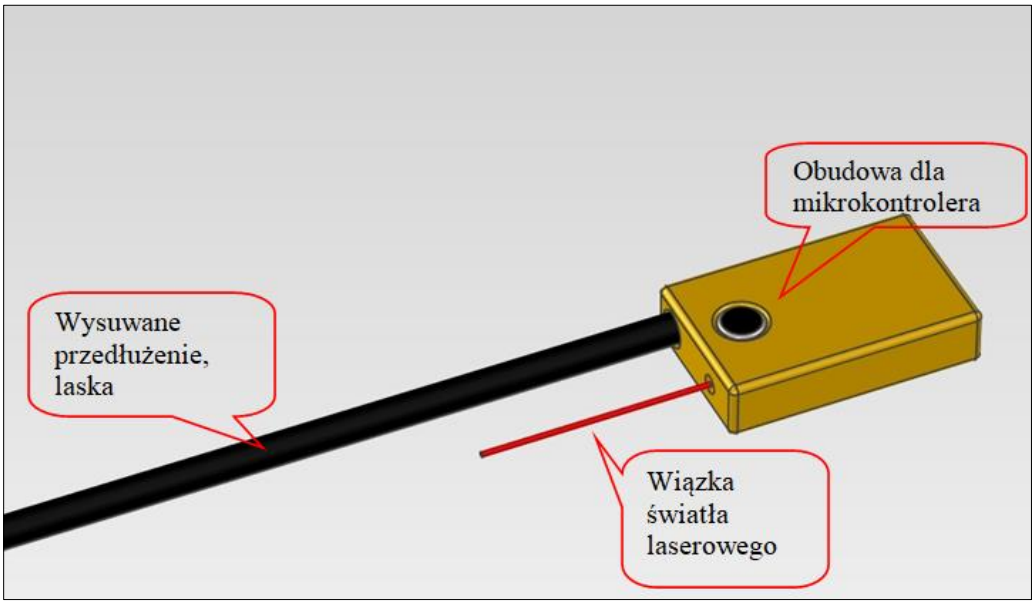


Rys. 2. Schemat blokowy konstrukcji urządzenia

Koncepcja przedstawia szeroki wachlarz zalet, z punktu widzenia osób z niepełno sprawnościami. Przede wszystkim wygoda użytkowania: laska byłaby lekka, poręczna a

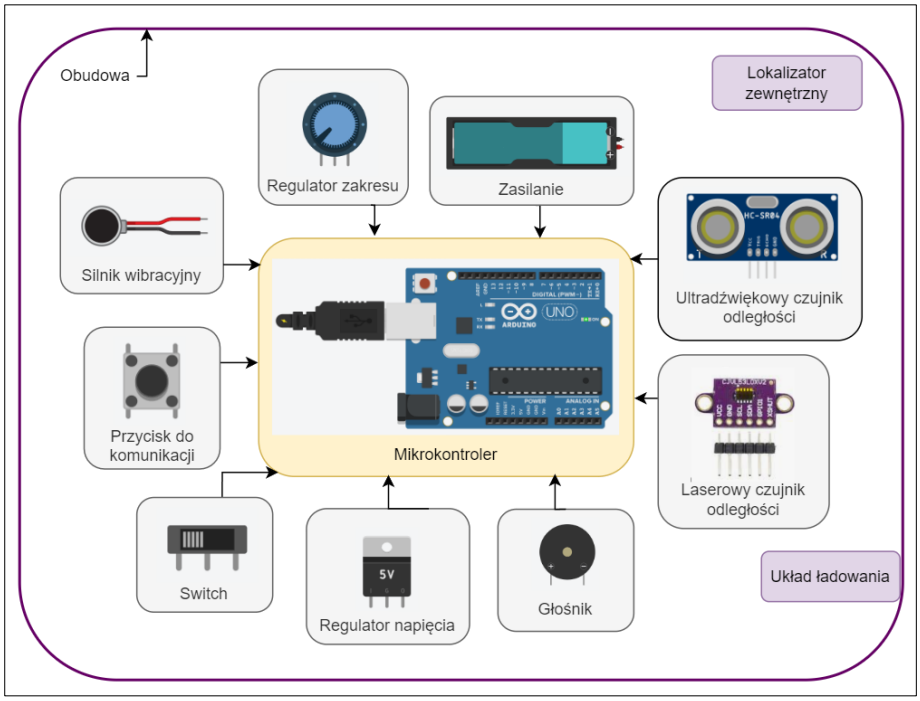
ergonomiczna rękojeść zapewnia stabilność podczas uchwytu. Zastosowane czujniki pozwalają na szeroki zakres detekcji: identyfikację różnego rodzaju przeszkód i na różnych odległościach. Możliwość komunikacji z innymi urządzeniami oraz intuicyjny interfejs użytkownika zapewniają łatwość obsługi. Atutem jest długi czas pracy baterii i możliwość jej wielokrotnego ponownego ładowania. Ponadto, konstrukcja laski zakłada modułowość, co otwiera pole możliwości do dołączania dalszych udogodnień i funkcjonalności. Słabszą stroną niniejszego rozwiązania okazał się ostateczny koszt jego wykonania: przeważyła cena aplikacji do obsługi i komunikacji laski z innymi urządzeniami.

Następnie, w ramach działań podejmowanych przez Studenckie Koło Naukowe, została opracowana koncepcja alternatywna – o mniejszych gabarytach, która dzięki wykorzystaniu dużo prostszych i tańszych rozwiązań oraz materiałów, pozwoliła na ograniczenie do minimum szacowanych kosztów wykonania laski. Na rysunku 3 została przedstawiona koncepcja konstrukcji proponowanego rozwiązania. Docelowo urządzenie zakłada dwa warianty funkcjonalności: 1) tylko z optycznym systemem oceny odległości oraz 2) z dodatkowo montowaną laską wykonaną z materiału zapewniającego lekkość konstrukcji np. włókna węglowego. Zastosowanie niewielkich rozmiarów modułu sterującego daje możliwość zamknięcia całości wraz z czujnikami w obudowie mieszczącej się w dłoni.



Rys. 3. Koncepcja rozwiązania z uwzględnieniem opcji przedłużenia mechanicznego

Celem nadrzędnym prezentowanej koncepcji było opracowanie rozwiązania, które będzie lekkie, poręczne, z łatwością zmieści się w kieszeni, zapewniając dyskrecję osobie niewidomej i niedowidzącej. Wykorzystanie czujników laserowych lub ultradźwiękowych, podobnie jak we wcześniej omawianej koncepcji, pozwala na szeroki zakres detekcji: zarówno w kwestii rodzaju przeszkód, jak i odległości. Sygnał dźwiękowy i/lub wibracje zwiększając natężenie będą informowały o zbliżaniu się do przeszkody, natomiast mniejsza intensywność dźwięku i wibracji dostarczać będą informacji o oddalaniu się od przeszkody. Na rysunku nr 4 został przedstawiony schemat blokowy proponowanego rozwiązania.



Rys. 4. Schemat budowy układu sterującego optycznym pomiarem odległości

Podstawę tego układu stanowi mikrokontroler (Arduino) oraz laserowe i ultradźwiękowe czujniki. Dla zapewnienia kompaktowej budowy urządzenia, poszczególne elementy zostały tak dobrane, aby były niewielkich rozmiarów, a jednocześnie zapewniały maksymalną czułość i dokładność pomiarów. W zaproponowanej koncepcji również przewiduje się możliwość rozbudowy o moduł bluetooth lub wi-fi, aby zapewnić możliwość komunikacji z innymi urządzeniami np. smart fonem i sterowanie laską z poziomu aplikacji (m.in. określanie pozycji GPS urządzenia). Po wstępnym oszacowaniu kosztów podzespołów, koncepcja okazała się być konkurencyjną cenową. Wszystkie wykorzystane elementy są niedrogie i ogólnodostępne. Kolejną zaletą proponowanego rozwiązania jest możliwość szybkiego powrotu do urządzenia w wersji klasycznej (poprzez zamontowanie lekkiej, kompozytowej konstrukcji o odpowiedniej długości). Dokładany element stanowiący wydłużenie laski będzie wykonany z lekkiego materiału, dzięki czemu całość nadal pozostanie bardzo lekka. Wersja z uruchomionym wyłącznie systemem optycznym sprawdzi się dla osób znajdujących się na znanym terenie i znających jego topologię. W obszarze nieznanym można dodatkowo wesprzeć się dokładaną częścią mechaniczną.

WNIOSKI

Podsumowując, prezentowana koncepcja alternatywnego dla tradycyjnej białej laski rozwiązania łączy w sobie cechy wielu opublikowanych dotąd koncepcji. Cechą charakterystyczną jest wykorzystanie czujnika laserowego do oceny odległości od przeszkody, charakteryzującego się większą czułością i dokładnością pomiaru. Idea działania, ponieważ całość rozwiązania bazuje na mikrokontrolerze, zmierza do wyprowadzenia sygnału alarmowego w postaci dźwięku oraz wibracji (o zmiennej intensywności). Zaletą jest możliwość korzystania z laski w formie tradycyjnej, poprzez dołożenie tzw. carbon sticka dostosowanego do wzrostu użytkownika. Zastosowanie niewielkich gabarytowo elementów i ograniczenie ich liczby do minimum czyni całą konstrukcję lekką i kompaktową. Ponadto wszystkie proponowane elementy są łatwo dostępne i przede wszystkim tanie, co przekłada się

na całkowity niski koszt wykonania urządzenia, a tym samym zwiększa jego dostępność dla użytkowników.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”



BIBLIOGRAFIA

1. https://produktymedyczne.pl/produkt/okrutna-laska-dla-niewidomych-i-niedowidzacych-biala-skladana/.
2. Sahoo N., Lin H-W., Chang Y-H. (2019). *Design and Implementation of a Walking Stick Aid for Visually Challenged People*. Sensors. Vol.19 (130).
3. Mahmud M. H., Saha R., Islam S. (2013). *Smart walking stick – an electronic approach to assist visualy disabled persons*. International Journal of Scientific & Engineering Research. Vol. 4 (10).
4. Saini S., Majaz A., Kumar N., Choudhary M., Saxena S. (2022). *Assistance Stick for Visually Impaired*. International Research Journal of Engineering and Technology. Vol.09 (06).
5. Shahrizan N. A., Sanudin R. (2021). *Smart Blind Walking Stick.* Evolution in Electrical and Electronic Engineering. Vol.2 (2), 156-163.
6. Chuchnowska I., Iskra A., Purgoł P. (2020). *Projekt inteligentnej laski dla osób starszych.* Aktualne problemy biomechaniki. Vol.2 (2), 156-163.

INVESTIGATION OF THE SURFACE MORPHOLOGY AND OPTOELECTRONIC PROPERTIES OF SEMICONDUCTOR ORGANIC THIN FILMS

Tański T.[1], Jarka P.[1], Hajduk B.[2]
[1] Department of Engineering Materials and Biomaterials, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland
[2] Centre of Polymer and Carbon Materials, Polish Academy of Sciences, Zabrze, Poland

Abstract. The aim of presented work has been to investigate the organic structure containing bulk heterojunction (donor-acceptor). Such materials may find potential application in the structures of innovative photovoltaic cells. The organic thin films containing a blend of polymeric semiconducting materials Poly[2,6-(4,4-bis-(2-ethylhexyl)-4H-cyclopenta [2,1-b;3,4-b′]dithiophene)-alt-4,7(2,1,3-benzothiadiazole)] - PCPDTBT and Poly[2,5-bis(2-octyldodecyl)pyrrolo[3,4-c]pyrrole-1,4(2H,5H)-dione -3,6-diyl)-alt-(2,2';5',2'';5'',2'''-quaterthiophen-5,5'''-diyl)] - PDPP4T has been manufactured. The research included determining the surface morphology of the produced layers using atomic force microscopy (AFM). A quantitative analysis of the surface morphology of the produced layers was made possible by estimating the roughness coefficients RMS and Ra. The films have been subjected to investigations of the optical coefficients and dielectric constant values. The obtained results were the base to estimation of the band gap width (Eg), refractive index (n) and extinction index (k). The values of the dielectric coefficient (ε) were also determined.
The obtained results of morphology research results suggest the granular structure and relative uniformity of the obtained layers with. The research demonstrated the influence of the composition of the blend onto its optoelectronic properties.
The research results analysis confirmed the influence of the phase composition of the organic heterojunction on the structure and the most important physical properties, and as a result on effective operation of photovoltaics.
Keywords: organic solar cells (OSCs), elipsometry, organic properties, electric properties.

Introduction

Innovative organic electronics, include photovoltaics devices (OSCs) present a number of interesting properties that determine their great application potential. Thus, from the point of view of possible applications, the set of electrical and optical properties: narrow band gap, high charge carrier mobility, long carrier diffusion length, high solar radiation absorbance of innovative organic materials are particularly important: [1,2]. However, the exceptionally prospective potential of using organic materials in photovoltaics is also determined by other physical and utilitarian properties, such as: low density and therefore low weight, high mechanical flexibility, simplicity and low price of production, processing and recycling [2-4]. Currently, extensive research on the development of OSCs concerns primarily dye-sensitized cells (DSSCs), polymer solar cells (including fullerenes/non-fullerene solar cells) and perovskite cells (PSCs) [4-7].

Among the mentioned types of modern solar cells, the main advantage of fully polymer devices based on donor –acceptor D-A heterojunction, are possibility of simple tuning the material properties by selectively modifying it backbone and moieties by adopting the approach of molecular structure [8]. This advantages of polymeric semiconductors result from small dielectric constants and more excitonic binding and less excitonic mobility in comparison with crystalline semiconductors. Hence, the semiconducting organic thin films indicate high absorption coefficients >105 cm−1, making its suitable chromophores for electronic applications [8-10].

The using the potential of semiconducting organic materials is primarily expanding the absorption spectra of polymer donors by improving the intramolecular push-pull effect is

effective approach for strengthening the photocurrent (Jsc) in photovoltaic devices [8]. Nowadays one of the most effectively widely used non-fullerene electron acceptor are perylene bisimide derivatives (PBI). These materials indicate comparable electron affinities to fullerenes [11] but unlike fullerene based materials, the chemical structures of its compounds are subject to modifications (energy levels, absorption spectra, electron mobilities, crystal properties) provide to improving the photovoltaic performance [12]. Structural modification involving thopography and morphology planarity and crystallinity control of the heterojunction layer is conducted to archive improve photovoltaic device stability. An example is the tandem system P3HT: SF(DPPB)4 and PTB7-Th:IEIC with high V_{oc} and complementary absorption spectra [13]. In work Kim et al. described synthesis of the π-conjugated small molecules based on electron acceptor diketopyrrolopyrrole (DPP) units coupled with alkylthienyl-substituted-benzodithiophene (BDTT) donors to use materials in solution processed photovoltaic cells. Developed using the manufactured material BDTT-(DPP)2- CF3:PC71BM, the tandem device is presented with a maximum efficiency (PCE) of 8.30% [14]. The analysis of the results obtained by researchers in recent years leads to the conclusion that achieving high efficiency is possible by introducing CF3 end groups into the active layer material, increasing both the short-circuit current density J_{sc} and the fill factor FF. Moreover, the high efficiency of photovoltaic devices is also influenced by the use of materials with balanced electron and hole mobility > 10^{-3} cm^2 V^{-1} s^{-1} and low recombination rate constants of 10^{-12} cm^3 s^{-1}[14].

Studies have shown the effectiveness of the use of diketopyrrolopyrrole (DPP) unit acceptor moieties low bandgap (LBG) polymer donors indicated strong electron deficient nature [15-21]. Additionally, the possibility of structural modification through fluorination of the polymer backbone to tune the morphology and optoelectronic properties for high-efficiency of PSCs has been proven [15, 22-23]. An example of work on increasing the efficiency of organic cells is the use of polymer-containing DPP monomers: PDPP4T polymer (poly(3-([2,20:50,20 '-terthiophen]-5-yl)-2,5-bis(2-decyltetradecyl))-6- (thiophen-2-yl)-2,5-dihydropyrrolo[3,4-c]pyrrole-1,4-dione)) with two fluorine atoms introduced into backbone. The single-junction PDPP4T-2F:PC71BM solar cell based on a modified polymer achieved a PCE of ~ 9% due to improved morphology in nanoscale phase separation and low-lying highest occupied molecular orbital (HOMO) energy level [24,25].

Other studies confirm that designing in molecular level is an effective strategy wchich results in modulated magnitude of dipole through the backbone of polymer materials, which affect on charge transport and suppressed recombination losses of charge [26].

Hence, the article presents the results of research on the influence of the phase share of organic materials PCPDTBT:PDPP4T containing DPP units on the optical and electrical properties of active layers. The use of a combination of the above-mentioned materials can be treated as a structural modification aimed at tuned absorption onset, crystallinity and charge mobility. The research results described in this work confirmed the influence of the phase composition of the organic active layer on the structure and the most important physical properties, and as a result on effective operation of photovoltaics.

Materials and Methods

Layers of pure PCPDTBT - Poly[2,6-(4,4-bis-(2-ethylhexyl)-4H-cyclopenta [2,1-b;3,4-b′]dithiophene)-alt-4,7(2,1,3-benzothiadiazole)], PDPP4T - (poly(3-([2,20:50,20 '-terthiophen]-5-yl)-2,5-bis(2-decyltetradecyl))-6- (thiophen-2-yl)-2,5-dihydropyrrolo[3,4-c]pyrrole-1,4-dione)) polymers and their blends (content 10%, maintaining constant concentrations of all solutions - 10 mg/ml) were deposited on quartz substrates, 0.9 mm thick, using the spin-coating method (rotation rate 4000 rpm, time 60 sek), from the same solutions.

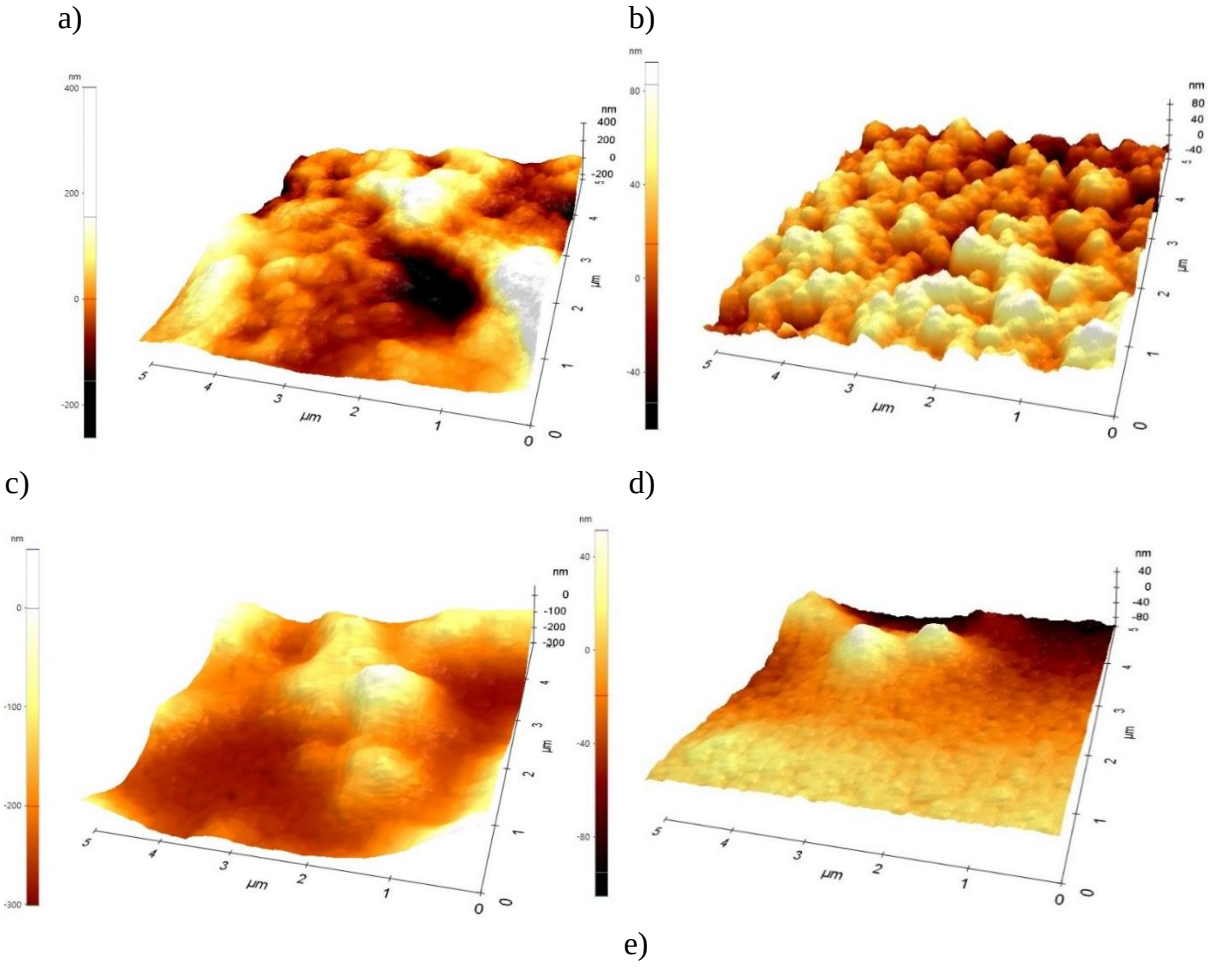
In the measurement area, the quartz crystals were taped with white correction tape to eliminate back reflections.

Surface morphology of manufactured layers has been determining the of the produced layers using atomic force microscopy (AFM) (Park Systems XE 100 with dedicated XEI Softwares 5.2 Build 1 (Suwon, Republic of Korea).) in non-contact mode.

Measurements of the ellipsometric angles Ψ and Δ, and the degree of polarization P, were carried out in the variable-angle mode of the ellipsometer (SENTECH SE850E, SENTECH Instruments GmbH, Berlin, Germany), in the angle range of 40-70°, every 10°, at room temperature, in the wavelength range of 240-2500 nm. Due to the high degree of depolarization of the samples, it was possible to adjust the optical and dielectric coefficients in the range of 300-800 nm. Adjustments of the refractive index n, extinction coefficient k, and dielectric coefficients ε_1 and ε_2 were made using SpectraRay3 software. Theoretical curves were fitted to the measurement data for a density of 250 points using an optical ellipsometric model "point by point", with an average fitting error MSE≈0.7.

Results and disscusion

The surface morphologies of the produced layers have been studied with use atomic force microscope with analyzing surface roughness parameters. The microscopic measurements were conducted in the non-contact mode using silicon AFM probes with a tip radius <10 nm. The layers surface images using by AFM are shown in Figure 1 a-e. A quantitative representation of the surface topography is presented using root-mean-square (RMS) coefficient.



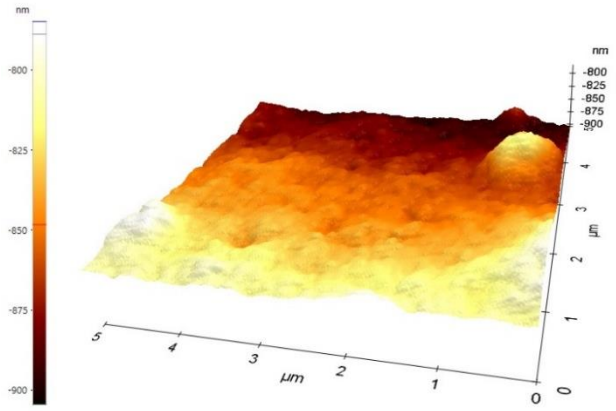


Fig. 1. Topographic images of layers a) 100%PCPDTBT, b)75%PCPDTBT:25%PDPP4T, c) 50%PCPDTBT:50%PDPP4T, d) 25%PCPDTBT:75%PDPP4T e) 100%PDPP4T

Tab.1. Roughness coefficients of manufactored layers.

PCPDTBT [%]	PDPP4T [%]	*Material*	*RMS [nm]*
100	0	*PCPDTBT*	*79*
75	25	*75%PCPDTBT:25%PDPP4T*	*25*
50	50	*50%PCPDTBT:50%PDPP4T*	*63*
25	75	*25%PCPDTBT:75%PDPP4T*	*33*
0	100	*PDPP4T*	*69*

The analysis of qualitative images of the produced layers leads to the conclusion that the layers present a relatively homogeneous structure. However, compared to other available test results for active layers [15], the RMS coefficients are relatively high. However, the relatively high RMS values are caused by the agglomerates of the material, visible in Fig. 1 a,c,d.

Optical absorbance and energy gaps

The PCPDTBT, PDPP4T layers and their blends deposited on quartz have been subjected to investigation of the transmission. Then the transmission spectra has been converted into absorbance (from the relationship: A=lg(1/T)).

In the next step, the absorption coefficients were determined from the following relationship:

$$\alpha = \frac{2{,}302 * A}{d}$$

Then, from the relationship $(\alpha E)^{\frac{1}{2}}$ as a function of energy, the values of the energy gap of individual layers were determined using the graphical method of fitting the tangent to the edge of the spectrum. The obtained results are presented in Figures 1a,b and Table 1.

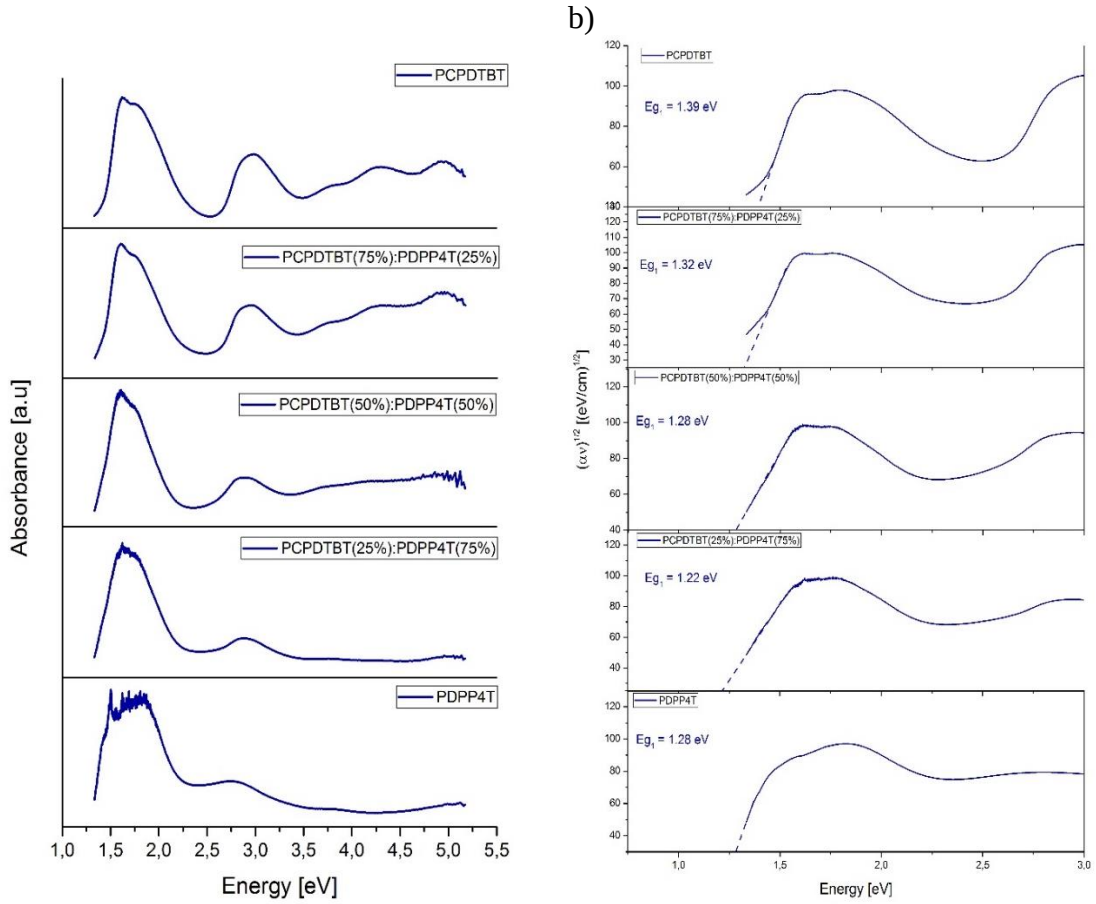


Fig. 2. *Absorbance spectra of PCPDTBT, PDPP4T layers and their blends, b) Energy gaps of PCPDTBT, PDPP4T layers and their blends*.

Tab. 1. Energy gaps width of PCPDTBT, PDPP4T layers and their blends.

PCPDTBT [%]	PDPP4T [%]	Eg [eV]
100	0	1,39
75	25	1,32
50	50	1,28
25	75	1,22
0	100	1,28

Absorbance spectra for polymers PCPDTBT, PDPP4T layers and their blends present absorption maxima for the wavelength corresponding to the wavelength within the visible light spectrum (400-700 nm). However, the spectrum of PCPDTBT shows higher absorption at higher wavelengths than that of PDPP4T overlapping infrared. In the case of blends, the absorbance spectra are a composite of PCPDTBT and PDPP4T spectra with a shape corresponding to the phase with a higher share. The estimate energy gap width for pure PCPDTBT material indicate value Eg = 1.39 eV. In the case of the PDPP4T the gap value is Eg = 1.28 eV. In the case of PCPDTBT:PDPP4T blends, the width of the energy gaps decreases with the proportion of PDPP4T and already with a 50% proportion of PDPP4T it reaches a value characteristic of the pure polymer. The width and intensity of the absorbance

spectrum for the produced layers suggest that the material is suitable as active layers in OSCs due to the absorption spectrum from the visible. Additionally, research has shown that the use of PCPDTBT allows for absorption even in the infrared region, which is confirmed by research conducted by Pratyusha Et al. [27]. The determined width of electron gaps suggests that both polymers used are characterized by a low Eg value, so they are suitable for active layers of OSCs. This is confirmed by the research of Ferreira Et al. [28]. However, the PDPP4T polymer presents a visibly lower value. The research confirmed that their mixture is characterized by a decreasing Eg value as the proportion of PDPP4T increases. The results of the analysis of the absorbance spectra and the width of the energy gaps suggest that with the share of 50%/50% polymers, the layer retains a large absorption width with a simultaneous E_g width corresponding to pure PDPP4T.

Optical coefficients and dielectric constants.

The manufactured polymer layers and their blends have been subjected to investigation of the refractive index (*n*) (Fig. 2), extinction coefficients (*k*) (Fig. 3) and dielectric coefficients (ε) (Fig. 4).

Table 2. Values of the real and imaginary parts of the complex refractive index n, and the dielectric coefficient ε, for the wavelength λ = 635 nm.

PCPDTBT [%]	PDPP4T [%]	*n*	*k*	ε_1	ε_2
100	0	1,39	0,98	0,99	2,78
75	25	1,25	0,71	1,05	1,79
50	50	1,24	0,93	0,68	2,35
25	75	1,16	0,98	0,38	2,37
0	100	1,14	0,88	0,50	2,08

a) b)

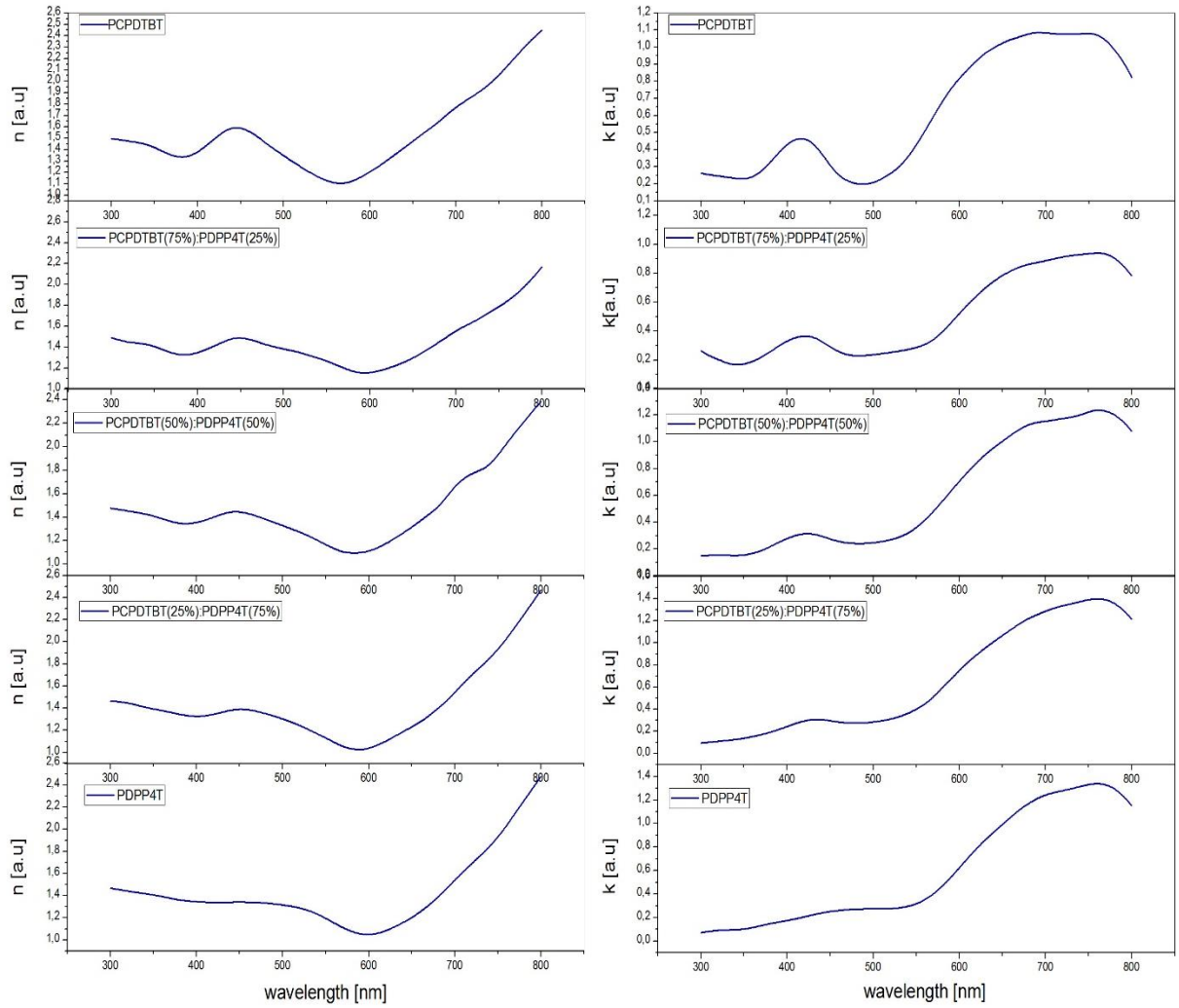


Fig. 2. a)Refractive indexes, b) Extinction coefficients and their blends determined ellipsometrically for PCPDTBT, PDPP4T layers and their blends.

Based on the results obtained, it can be concluded that the refractive index and extinction index change with the percentage composition of the blend components, which is logically related to the ratio of their percentage content. The value of the refractive index *n* for a wavelength of λ = 635 nm increases with the increasing ratio of PCPDTBT to PDPP4T.
Refractive index is very important because of its relation to transmission, reflection, and trapping of light [29]. It should be noted that materials indicate high values of *n* have anti-reflective properties [30]. However, the *n* values determined for the deposited layers are at the level of conventionally used semiconducting polymers [31].

The influence of phase share of materials on values of extinction coefficients *k* do not show clear regularity.However, in line with expectations and the results obtained by other researchers [32], the course of the spectrum is consistent with the absorption of the layer.
In the case of dielectric coefficients, there is no similar regularity as for the real part of the refractive index, although it should be noted that the value of the ε_1 coefficient decreases with the increasing share of PDPP4T. However, the dielectric coefficients for the produced layers are comparable to those of most common conjugated polymers [33].

a) b)

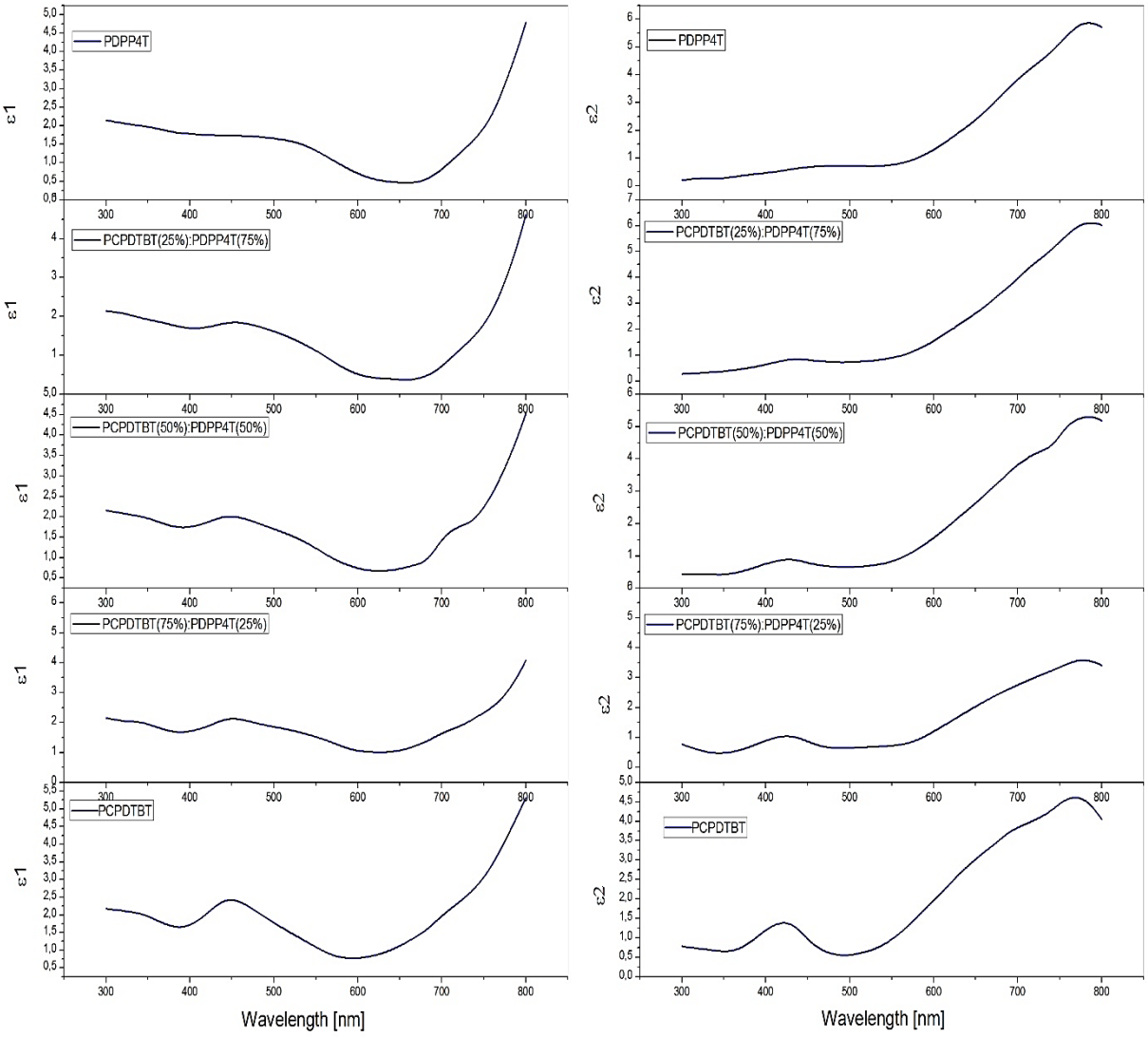


Fig. 3 Dielectric coefficients *a)* ε_1, *b)* ε_2 determined ellipsometrically for PCPDTBT, PDPP4T layers and their blends.

Conclusions

The results of research the surface morphology of the produced layers suggest that the PCPDTBT and PDPP4T materials were combined into a relatively homogeneous blend. At the same time, high RMS values are a consequence of the formation of agglomerates on the surface of the layers. However, an appropriately expanded surface area of the absorbing layer may increase the surface area and the ability to capture scattered light [34], similarly to a textured surface.The article presents the results of research on optical and electrical properties and the influence of the mutual participation of blend polymers on the mentioned properties. The study of the course of the absorption spectrum and the determined width of the energy gap suggests that it is possible to control the mentioned properties through the phase composition of the layer. Additionally, it is easy to obtain a compromise regarding the width of the absorption spectrum and the value of the energy gap. Analysis of the refractive index, extinction coefficients and

dielectric coefficients test results suggests that the obtained values are comparable to those characteristic of other polymer semiconductors. The influence of phase composition on the mentioned properties was also observed.

Acknowledgments

This work was supported by the National Science Centre of Poland, Grant No. 10/010/PBU21/1079

References

1. Zhaoa Zhi-Wen, Pana Qing-Qing, Li Shuang-Bao, Duanb Yu-Ai, Genga Yun, Zhanga Min, Su Zhong-Min (2017), A theoretical exploration of the effect of fluorine and cyano substitutions in diketopyrrolopyrrole-based polymer donor for organic solar cells, Journal of Molecular Graphics and Modelling, 77 9–16.
2. Dai Xiaojuan, Meng Qing, Zhang Fengjiao, Zou Ye, Di Chong-an, Zhu Daoben (2021), Electronic structure engineering in organic thermoelectric materials, Journal of Energy Chemistry 62, 204–219.
3. Braun S., Salaneck W.R., Fahlman M., (2009), Energy-Level Alignment at Organic/Metal and Organic/Organic Interfaces Advanced Materials, 21, 1450–1472.
4. Fahlman M., Fabiano S., Gueskine V., Simon D., Berggren M., Crispin X., (2019) Interfaces in organic electronics, Nature Reviews Materials, 4, 627–650.
5. Mahajan U., Prajapat K., Dhonde M., Sahu K., Shirage P. M. (2024), Natural dyes for dye-sensitized solar cells (DSSCs): An overview of extraction, characterization and performance, Nano-Structures & Nano-Objects, 37, 101111.
6. Li J., Ji S., Wei H., Gong J., Mao W., Zhang W., Shi L., Li X., Chu L., (2024), Multifunctional one-dimensional seeding layers enable stable and over 20%-efficiency inverted perovskite photovoltaic modules, Nano Energy, 122, 109329.
7. Li C., Zhang A., Feng G., Yang F., Jiang X., Yu Y., Xia D., Li W., (2016), A systematical investigation of non-fullerene solar cells based on diketopyrrolopyrrole polymers as electron donor, Organic Electronics, 35, 112-117.
8. Choudhurya B.D., Ibarraa B., Cesanob F., Maoc Y., Hudad M. N., Chowdhurya A.R., Olivaresa C., Uddina M.J., (2020), The photon absorber and interconnecting layers in multijunction organic solar cell, Solar Energy 201/1, 28-44.
9. Günes S., Neugebauer H., Sariciftci N.S., (2007), Conjugated Polymer-Based Organic Solar Cells, Chemical Review, 107, 4, 1324–1338.
10. Fei G., Li N., Radmilović V.V., Radmilović V.R., Turbiez M., Spiecker E., Forbericha K., Christoph J. Brabec, (2015), Fully printed organic tandem solar cells using solution-processed silver nanowires and opaque silver as charge collecting electrodes, Energy & Environmental Science,8 ,1690-1697
11. Feng G., Xu Y., Zhang J., Wang Z., Zhou Y., Li Y., Wei Z., Li C., Li W., (2016), All-small-molecule organic solar cells based on an electron donor incorporating binary electron-deficient unit, Journal of Materials Chemistry A, 16, 2-10.
12. Dittmer J.J., Marseglia E.A., Friend R.H., (2000), Electron Trapping in Dye/Polymer Blend Photovoltaic Cells, Advanced Materials, 12,1270-1274.
13. Luo B., Jiang Y., Mao L., Meng W., Jiang F., Xua Y., Zhou Y., (2017), Colorful flexible polymer tandem solar cells, Journal of Materials Chemistry C, 5, 7884-7889.
14. Kim J-H., Park J.B., Yang H., Jung I.H., Yoon S.C., Kim D., Hwang D.-H., (2015), Controlling the Morphology of BDTT-DPP-Based Small Molecules via End-Group

Functionalization for Highly Efficient Single and Tandem Organic Photovoltaic Cells, ACS Applied Materials Interfaces 7, 43, 23866–23875.
15. Rasool S.,, Hoang Q.V., Vu D.V., Song C. E., Lee H.K., Lee S.K., Lee J.-C., Moon S.-J., Shin W.S., (2022), High-efficiency single and tandem fullerene solar cells with asymmetric monofluorinated diketopyrrolopyrrole-based polymer, Journal of Energy Chemistry, 64 236-243.
16. Tamayo A., Kent T., Tantitiwat M., Dante M.A., Rogers J., Nguyen T.-Q., (2009), Influence of alkyl substituents and thermal annealing on the film morphology and performance of solution processed, diketopyrrolopyrrole-based bulk heterojunction solar cells, Energy Environmental Science, 2, 1180–1186.
17. Pan L., Liu T., Wang J., Ye L., Luo Z., Ma R., Pang S., Chen Y., Ade H., Yan H., Duan C., Huang F., Cao Y., (2020), Efficient Organic Ternary Solar Cells Employing Narrow Band Gap Diketopyrrolopyrrole Polymers and Nonfullerene Acceptors, Chemistry of Materials, 32, 7309–7317.
18. Li W., Hendriks K.H., Wienk M.M., Janssen R.A.J., (2015), Diketopyrrolopyrrole polymers for organic solar cells, Accounts of Chemical Research, 49, 78– 85.
19. Lee J.W., Ahn H., Jo W.H., (2015), Conjugated random copolymers consisting of pyridine- and thiophene-capped diketopyrrolopyrrole as co-electron accepting units to enhance both JSC and VOC of polymer solar cells. Macromolecules, Macromolecules 48, 7836–7842.
20. Hoang Q.V., Song C.E., Kang I.-N., Moon S.-J., Lee S.K., Lee J.-C., Shin W.S., (2016), Low band gap diketopyrrolopyrrole-based small molecule bulk heterojunction solar cells: influence of terminal side chain on morphology and photovoltaic performance, RSC Advances, 6, 28658-28665.
21. Dou L., Gao J., Richard E., You J., Chen C.-C., Cha K.C., He Y., Li G., Yang Y., (2012), Systematic Investigation of Benzodithiophene- and Diketopyrrolopyrrole-Based Low-Bandgap Polymers Designed for Single Junction and Tandem Polymer Solar Cells, Journal of American Chemical Society, 134, 10071-10079.
22. Stuart A.C., Tumbleston J.R., Zhou H., Li W., Liu S., Ade H., You W., (2013), Fluorine Substituents Reduce Charge Recombination and Drive Structure and Morphology Development in Polymer Solar Cells, Journal of American Chemical Society, 135, 1806-1815.
23. Wang J.-L., Yin Q.-R., Miao J.-S., Wu Z., Chang Z.-F., Cao Y., Zhang R.-B.,. Wang J.-Y, Wu H.-B., Cao Y., (2015), Rational Design of Small Molecular Donor for Solution-Processed Organic Photovoltaics with 8.1% Efficiency and High Fill Factor via Multiple Fluorine Substituents and Thiophene Bridge, Advanced Functional Materials. 25, 3514-3523.
24. Ko S.-J., Hoang Q.V., Song C.E., Uddin M.A., Lim E., Park S.Y., Lee B.H., Song S., Moon S.- J., Hwang S., Morin P.-O., Leclerc M., Su G.M., Chabinyc M.L., Woo H.Y., Shin W.S., Kim J.Y., (2017), High-efficiency photovoltaic cells with wide optical band gap polymers based on fluorinated phenylene-alkoxybenzothiadiazole, Energy and Environmental Science, 10, 1443-1455.
25. Zheng Z., Zhang S., Zhang J., Qin Y., Li W., Yu R., Wei Z., Hou J., (2016), Over 11% Efficiency in Tandem Polymer Solar Cells Featured by a Low-Band-Gap Polymer with Fine-Tuned Properties, Advanced Materials, 28, 5133–5138.
26. Vandewal K., Mertens S., Benduhn J., Liu Q., (2019), The Cost of Converting Excitons into Free Charge Carriers in Organic Solar Cells, Journal of Physical Chemistry Letters, 11, 129-135.

27. Pratyusha T., Sivakumar G., Yella A., Gupta D., (2017).Novel Ternary Blend of PCDTBT, PCPDTBT and PC70BM for the Fabrication of Bulk Heterojunction Organic Solar Cells, Mater. Today: Proceedings 4 5067–5073
28. Ferreira R.A., de Oliveira O.V., dos Santos J.D., (2021), Theoretical studies of new PCPDTBT derivatives as possible electron donor on polymer solar cells a Chemical Physics Letters, 766, 13832.
29. Jeong J. Kim B., Seol M., Jin, Young K.S., Jeong J., Kim B., Seol M.J., Kim S.Y., Light path management in devices containing halide perovskite materials with a high refractive index, Materials Research Bulletin, Available online 11 March 2024, 112777.
30. Somesh T.E., Al-Gunaid M.Q.A., Madhukar B.S., Siddaramaiah, (2019), Photosensitization of optical band gap modified polyvinyl alcohol films with hybrid AgAlO2 nanoparticles. Nanocomposites and Hybrid Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 30,1, 37-49,
31. Grothe J., Kaskel S., Leuteritz A., (2012), Electronic structure, optical properties and high thermoelectric figure of merit in iron phthalocyanine polymer: FP-LAPW comparative studies, Polymer Science: A Comprehensive Reference, 8, 177-209.
32. Bashi M., Rahnamaye Aliabad, H.A., Maleki B., (2024), Comparison between optoelectronic spectra and NMR shielding in tellurium based compounds: a FP-LAPW study, Physica B: Condensed Matter, 674, 1, 415542
33. Brinkmann Kai O., Becke T., Zimmermann F., Kreusel C., Gahlmann T., Haeger T., Riedl T., (2021), The Optical Origin of Near-Unity External Quantum Efficiencies in Perovskite Solar CellsSolar RRL, 5, 2100371.
34. Li A., Wu Z., Zhuo R., He T., Zhao Y., Yan P., Guangan Z., (2023), Theoretical simulation and experimental perspective of refractive index-controlled silicon nanofilms for solar cell efficiency improvement, Theoretical simulation and experimental perspective of refractive index-controlled silicon nanofilms for solar cell efficiency improvement, Solar Energy Materials and Solar Cells 251, 11214.

THE WAYS OF REBUILDING THE TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF CITIES USING BIM AND GIS TECHNOLOGIES

Tkachenko I.[1], Prusov D.[2],
[1]National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Ukraine
[2]Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine

Abstract. In connection with military actions in Ukraine, many objects of transport infrastructure have been destroyed and need to be restored as soon as possible. After all, without proper transport connections, the economy of the country cannot work and it is impossible to continue defense operations. In this work the formulation a methodology for the restoration of transport infrastructure using BIM and GIS technologies has been propose. It is distinguishing three stages: 1. Monitoring of the operational state of the transport infrastructure; 2. Sketch design; 3. Detailed design. For quick and high-quality restoration, it is necessary first perform geo-informational monitoring of the state of roads and streets. For this, it can be used the free and open source geographic information system QGIS. Sketch design can be done using the InfraWorks program. It is possible to quickly perform vertical street and urban road network planning the method of design marks in QGIS. The terrain relief and the designed axes of streets and roads at the stage of sketch design in InfraWorks can be imported into Civil 3d, where detailed design of the road corridor can be carried out. The program includes all the necessary tools for automated detailed breakdown of the road route, design of longitudinal and transverse profiles, formation of a three-dimensional road corridor, output of necessary information for calculations of the main elements of the plan and profile of the road, calculation of the volume of earthworks, etc. After the detailed design of the road surface in Civil 3d, which is combined with the relief of the area, it can be saved the project in IMX format for subsequent high-quality visualization in InfraWorks. To create a real view of the terrain, let's download the results of a horizontal survey of the terrain (borders of water bodies, buildings, existing artificial covering, fences, points of placement of trees, small architectural forms, etc.) from AutoCAD files. The InfraWorks program includes a large number of different styles of 3D objects. At the time of loading, each object is assigned its own style. It is also possible to simulate 3-D models of landscaping structures in the Allplan program, for example: artificial structures, stop pavilions, service facilities (gas stations, service stations, etc.), road signs, billboards, etc. It can be loaded these 3D models into the InfraWorks style palette and place them along the road. When placing landscaping elements with the help of special functions of the program, the visibility zone, the influence of the time of day and season on the perception of the road arrangement by the driver and passengers are taken into account. Using the ShowMotion program function, It can be simulated driving a car on the road and check the ability of the driver to perceive information in motion.
On the basis of the proposed ways of restoring the transport infrastructure of cities using BIM- and GIS-technologies, measures for further city transport planning and the development of plans for the reconstruction and development of city transport networks can be developed, which requires knowledge of the patterns of changes in the state of traffic in the future. The state of road traffic is largely determined by traffic volumes, and the growth of traffic volumes is due to many factors, the main factors include the level of motorization in the city; transport mobility of the population; the degree of development of mass types of urban passenger transport
Keywords: restoring transport infrastructure, BIM technologies, GIS technologies, open source, transport networks.

Introduction. In connection with military actions in Ukraine, many objects of transport infrastructure have been destroyed and need to be restored as soon as possible. After all, without proper transport connections, the economy of the country cannot work and it is impossible to continue defense operations.

GIS and CFSC technologies are powerful tools that improve the design process of highways and roads, especially when finding the optimal horizontal corridor at the preliminary design stage. Khalil N., Mhanna M., Assaf E. suggest the use of least-cost algorithms in a GIS environment as an effective tool for evaluating the impact of some

constraints and exploring alternative scenarios in cost modeling. They are studying the cost of building a road slope using free-standing retaining walls. The analysis process uses all the main items of construction costs that can affect the choice of the optimal corridor [1].

Larkin A., Gu X., Chen L., Hystad P. investigate the differences in the perception of the road environment in the city and outside the city with the help of GIS remote sensing. They reviewed and measured street images from 56 cities in 32 countries and six continents [2].

QGIS is also used by the Danish Demining Group (DDG) in Afghanistan. Mine action in Afghanistan is coordinated by the Afghanistan Mine Action Coordinating Center (MACCA), which collects and disseminates geospatial information on known hazards (minefields, battlefields, unexploded ordnance 'blots') and updates this information based on results demining. MACCA regularly releases new shapefiles of these "dangerous polygons" and miners can use them to assess the situation in their work areas. DDG is investigating the possibility of using QGIS to replace expensive proprietary software. Spatial data is most useful during the planning and survey stages [3].

It was created Ukrainian open initiative of creating tools for spatial planning in the QGIS environment. The working group successfully implemented the database in PostgreSQL and GeoPackage formats and created forms for the classes (layers), including the rules for data integrity approved by requirements for the geospatial database, which were set up in QGIS. The symbol library with the rule-based symbology for each class (layers) was set up in the .qgs project file. Layer style settings for each layer were tested and saved into the geospatial database of the SPT [4].

Results. In this work the formulation a methodology for the restoration of transport infrastructure using BIM and GIS technologies has been propose. It is distinguishing three stages are given below.

Stage 1. Monitoring of the operational state of the transport infrastructure. For quick and high-quality restoration, it is necessary first perform geo-informational monitoring of the state of roads and streets. For this, it can be used the free and open source geographic information system (GIS) QGIS (Free open source license, GNU General Public License, version. Connect the open OpenStreetMap (OSM) map, from which it can be downloaded vector layers of street and road axes of the region. Next, it is needed to check the topology using the Topology Checker, Geometry Checker, GRASS - v.clean plugins, so that there are no duplicate geometries, overlaps, gaps, etc. Then it can be insert the geometries of the axes of streets and roads into the geodatabase of urban planning documentation (which was developed in accordance with the Structure of the geodatabase of urban planning documentation at the local level, approved by the Order of the Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine dated February 22, 2022 No.56, developed by the Ukrainian open initiative of creating tools for spatial planning in the QGIS environment) in the Transport_Network section and enter attribute data (road category, surface type, number of traffic lanes, etc.).

Stage 2. Sketch design can be done using the InfraWorks program, which is developed by the American company Autodesk, it is designed to create visually accurate digital 3D models of projects based on geospatial data. Let's download data about the relief of the area, from the Google Earth program or download Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Tiles from NASA for approximate analysis. Then it can be downloaded the data about the axes of streets and roads collected in GIS QGIS and their operational status, saving the necessary layers in shapefiles (*.shp). It can be also downloaded the data about the surrounding situation (houses, buildings, water bodies, vegetation, etc.). When loading layers, adjust their parameters, assign styles. With the tools for creating objects in InfraWorks, it can be simulated the adjustment of the street and road network and its improvement objects. Let's create a new style of road: the

number of traffic lanes and their width, shoulders are assigned. The program will automatically mark the traffic lanes and the edge of the carriageway.



Fig. 1. Sketch project of street and road network and park territory in InfraWorks

It is possible to quickly perform vertical street and urban road network planning the method of design marks in GIS. Creating a vertical planning scheme in accordance with regulations is a difficult task. In this section, it can be considered the general principles of vertical planning scheme visualization, with the aim of showing the possibility of engineering calculations using QGIS. To solve the given task, the following steps must be performed.

1. Check the correctness of the geometry and correct them if necessary: Processing Toolbox→ GRASS v.clean. Input feature type – line. Cleaning tools: Break (break the lines at the points of intersection); Snap (tie lines to nodes within a certain snapping tolerance); Rmline (lines that have a length of 0 are not needed, they will be removed); Rmdupl – remove all duplicates; Rmsa (remove the small corners between the lines).
2. Merge the geometry of the axes into one multiline:. Processing Toolbox→ Dissolve.
3. Divide the obtained multiline into segments between intersections: Processing Toolbox→ Split with lines, where the input layer will be multiline Dissolved, and the split layer – the initial axes of the roads – Cleaned.
4. To obtain elevation points at intersections: Processing Toolbox→ Lines intersections tool to the layer Split in step 3 see **Помилка! Джерело посилання не знайдено.**2;
5. Assign the Z-coordinate from the DEM raster (height_Poltava) to the obtained points: Processing Toolbox→ Drape (Set Z Value From Raster);
6. Add the attribute field Z-black, data type – real) to the points with the Z coordinate and calculate the height value in it using the expression: round(z($geometry),1); Name the layer of points – h_intersections;

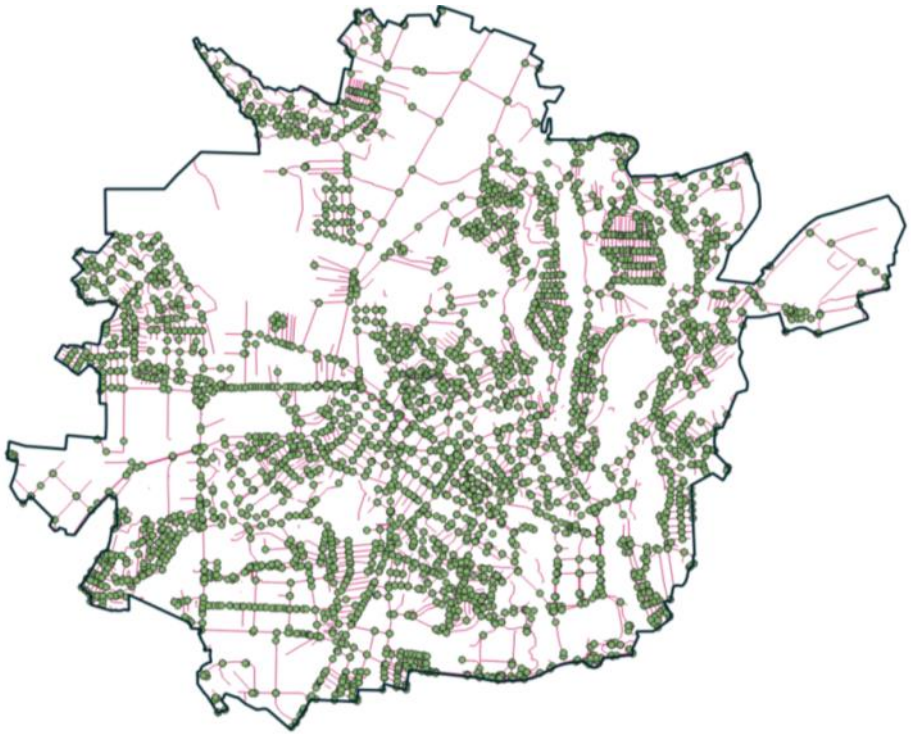


Fig.2. Points at intersections

7. Split multiline Disolved on segments of a certain length (for example, 50 m): Processing Toolbox→ Split lines by maximum length;

8. Assign the Z-coordinate from the DEM raster to the resulting string of segments: Processing Toolbox→Drape;

9. Add attributive fields z_start_black (data type – real, expression for calculation: round(z(start_point($geometry)),2) and z_end_black (data type – real, expression for calculation: round (z(end_point($geometry)), 2);

10. Remove from the lines layer all objects where the Z-coordinate value is 0 (they did not intersect with the DEM raster). This can be done using the function in attribute table: Select features using an expression, by applying the expression: "z_start_black"=0 OR "z_end_black"=0.

11. Name the line layer – h_lines_split_50.

12. Then it can be output the design values of the heights of the points at the intersections and every 50 m. For the h_intersections and h_lines_split_50 layers, the height values must be written in the new fields z_red, z_start_red, z_end_red, respectively, and calculated from the design DEM raster.

Visualize the obtained results by adjusting the styles (see **Помилка! Джерело посилання не знайдено.**3).

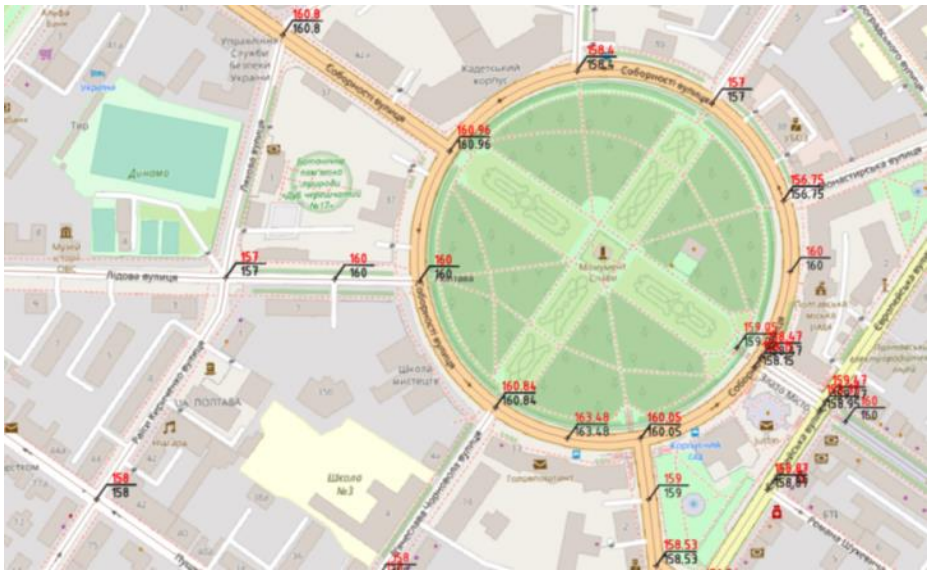


Fig. 3. Output of existing and project height signatures at the intersections of street axes

Configuring data signatures (see

Fig.). The expression for setting the signature of the h_lines_split_50 layer: round(abs((z(start_point($geometry))- z(end_point($geometry))) / distance(start_point($geometry) , end_point($geometry)))*1000, 1) || '‰' || ' ' || '------' || '' || round($length, 1)

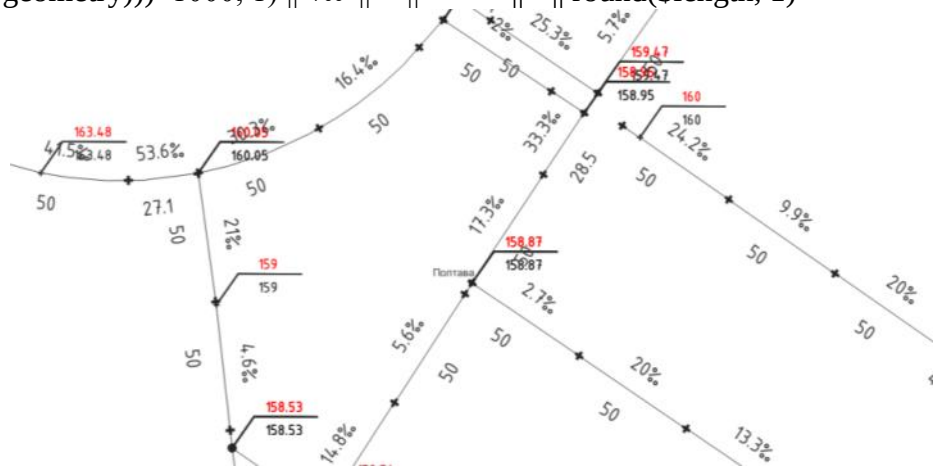


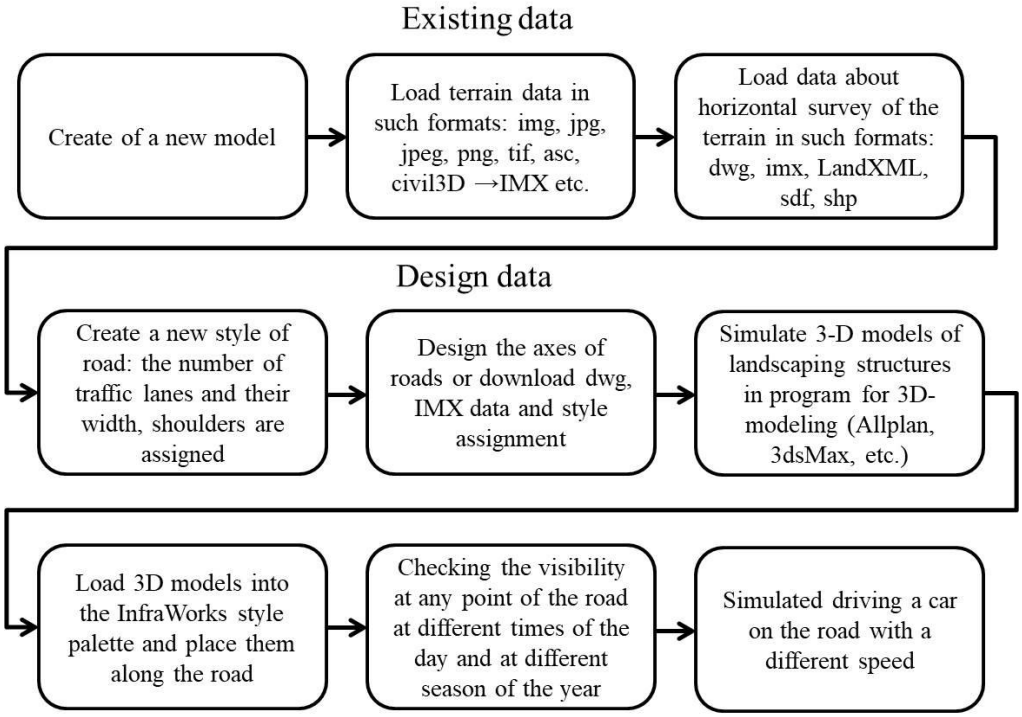
Fig. 4.The result of configuring data signatures

Stage 3. Detailed design.

The terrain relief and the designed axes of streets and roads at the stage of sketch design in InfraWorks can be imported into Civil 3d, where detailed design of the road corridor can be carried out. The program includes all the necessary tools for automated detailed breakdown of the road route, design of longitudinal and transverse profiles, formation of a three-dimensional road corridor, output of necessary information for calculations of the main elements of the plan and profile of the road, calculation of the volume of earthworks, etc. After the detailed design of the road surface in Civil 3d, which is combined with the relief of the area, it can be saved the project in IMX format for subsequent high-quality visualization in InfraWorks. To create a real view of the terrain, let's download the results of a horizontal survey of the terrain (borders of water bodies, buildings, existing artificial covering, fences, points of placement of trees, small architectural forms, etc.) from AutoCAD files. The InfraWorks program includes a large

number of different styles of 3D objects. At the time of loading, each object is assigned its own style.

It is also possible to simulate 3-D models of landscaping structures in the Allplan program, for example: artificial structures, stop pavilions, service facilities (gas stations, service stations, etc.), road signs, billboards, etc. It can be loaded these 3D models into the InfraWorks style palette and place them along the road. When placing landscaping elements with the help of special functions of the program, the visibility zone, the influence of the time of day and season on the perception of the road arrangement by the driver and passengers are taken into account. Using the ShowMotion program function, It can be simulated driving a car on the road at a speed of 100 km/h and check the ability of the driver to perceive information in motion. The sequence of 4D modeling of the highway is shown in fig. 5.



Puc. 5. Methodology for the restoration of transport infrastructure using BIM and GIS technologies

Based on the results of the simulation, it can be can recorded a video of driving along the road at a given speed and make a photo-visualization of the corridor with a check of the driver's and passenger's perception of the environment at different times of the day and at different times of the year (Fig. 6 – 9).

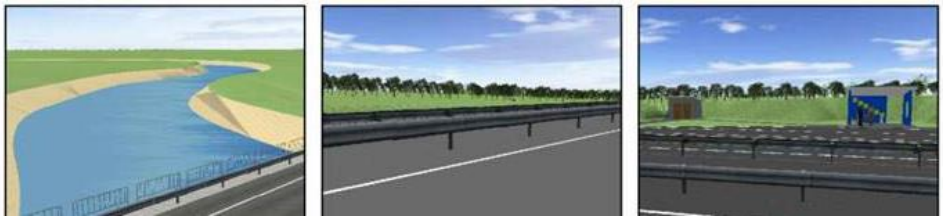


Fig. 6. Check of the perception of the environment by passenger



Fig. 7. Check of the perception of the environment by the driver and passenger at different times of the day

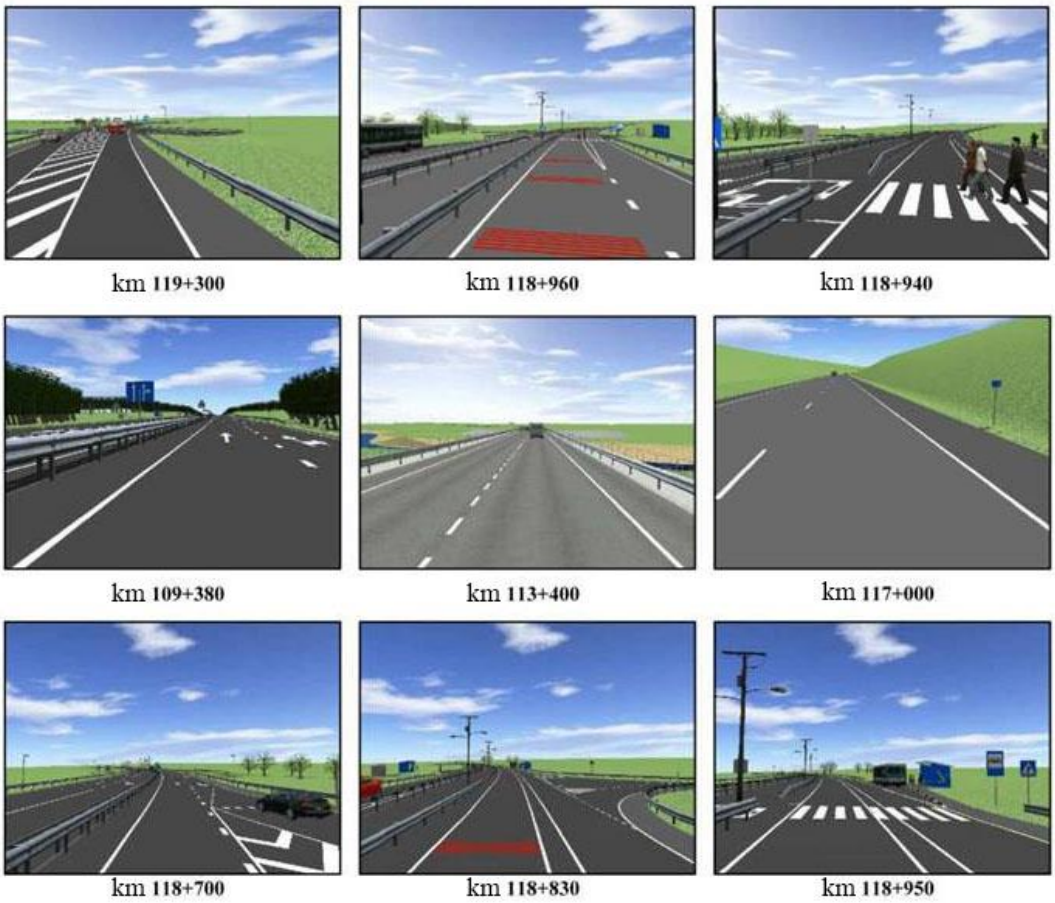


Fig. 8. Photo-visualization of the corridor of the R-52 road Dnipropetrovsk-Tsarychanka-Kobelyaki-Reshetylivka



Fig. 9. Visualization of St. Bratska, str. L.Tolstoy, str. Siryka in the Lubny city, Poltava region

On the basis of the proposed ways of restoring the transport infrastructure of cities using BIM- and GIS- technologies, measures for further city transport planning and the development of plans for the reconstruction and development of city transport networks can be developed, which requires knowledge of the patterns of changes in the state of traffic in the future. The state of road traffic is largely determined by traffic volumes, and the growth of traffic volumes is due to many factors, the main factors include the level of motorization in the city; transport mobility of the population; the degree of development of mass types of urban passenger transport [7].

Conclusion. The rapid increase in the pace of urban development in the future will lead to a significant increase in the intensity of traffic and, as a result, the load on the city's road and transport infrastructure. The street and road network must meet the requirements for the organization and safety of road traffic. Projected surveys of traffic flows show that the network should function within the limits of capacity, with the preservation of a controlled traffic situation in cities with a proportion between the level of motorization and the density of the street-road network, both its development in the city and the strengthening of transport connections within urban agglomerations. The presence of a restored transport infrastructure creates conditions for the emergence of large centers of satellite cities, resort areas and mass recreation areas, decentralization of the population of large cities with the formation of a single transport system covering large areas with a large number of settlements. Therefore, the restoration of the transport infrastructure will contribute to the further evolution of the urban environment and the development of urban areas.

References

1. Horizontal corridor optimization of highway using GIS & CFSC method in mountainous areas. Naoras Khalil, Mohannad Mhanna, Eng.Haidar Assaf. Vol. 24,

2021, Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol. no. 3, pp. pp. 509 – 514 .
2. Predicting perceptions of the built environment using GIS, satellite and street view image approaches. Andrew Larkin, Xiang Gu, Lizhong Chen, Perry Hystad. 216, 2021, Landscape and Urban Planning, Vol. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104257, p. 104257.
3. Edward Crowther. Danish Demining Group (DDG) using QGIS in Kabul, Afghanistan. https://qgis.org/uk/site/about/case_studies/afghanistan.html
4. Maksymova Y., Boiko O. Ukrainian open initiative of creating tools for spatial planning in the QGIS environment. https://qgis.org/uk/site/about/case_studies/ukrainian_spt.html)
5. Lytvynenko T., Hasenko L., Elgandour M., Tkachenko I. (2023). Settlements Preparation to Future Transport Progress. Lecture Notes in Civil Engineering, 299, 433-440 https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_34
6. Tkachenko I., Lytvynenko T., Hasenko L., Sorochuk N. (2023). Streets and Urban Roads Surface Runoff Problems: A Case Study in the Poltava City, Ukraine. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure, 67, 576-585. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25863-3_55
7. Prusov D.E., Dubowa S.V. (2023). Modeling of Passenger Flows in Agglomerations of Large Developing Cities (on the Example of Kyiv). Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 51(4), 417-430. https://doi.org/10.3311/PPtr.19785.

ANALIZA TEMPERATUROWYCH WARUNKÓW PRACY PANELI FOTOWOLTAICZNYCH ELEKTROWNI HYBRYDOWEJ WYDZIAŁU ELEKTRYCZNEGO POLITECHNIKI BIAŁOSTOCKIEJ

Tomaszuk A., Gryko Ł.
Politechnika Białostocka, Białystok, Polska [1, 2]

Streszczenie. Hybrydowa elektrownia fotowoltaiczno-wiatrowa Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej, działająca od końca 2014 roku, stanowi unikalne połączenie technologii odnawialnych źródeł energii. Część fotowoltaiczną tworzą cztery mikroinstalacje zainstalowane w różnych konfiguracjach na budynku Centrum Badawczo-Dydaktycznego kampusu PB. Wykorzystując zaawansowany system akwizycji danych, elektrownia monitoruje ponad 260 parametrów związanych z produkcją energii. Niniejsza praca koncentruje się na analizie temperaturowych warunków pracy paneli fotowoltaicznych, podkreślając wpływ podwyższonych temperatur na ich wydajność i trwałość. Badania te dostarczają cennych wskazówek dla projektowania i eksploatacji przyszłych instalacji fotowoltaicznych, zwracając uwagę na znaczenie zarządzania temperaturą w celu maksymalizacji efektywności energetycznej.
Słowa kluczowe: fotowoltaika, temperatura pracy, niezawodność, efektywność energetyczna

I. WPROWADZENIE

W obliczu globalnych wyzwań, jakimi są zmiany klimatyczne i zwiększające się zapotrzebowanie na energię, coraz większe znaczenie zdobywają zrównoważone źródła energii, w tym fotowoltaika. Jednakże, kluczowym czynnikiem wpływającym na efektywność paneli fotowoltaicznych są ich warunki pracy, zwłaszcza temperatura [1]. Analiza wpływu temperatury na działanie paneli fotowoltaicznych jest zatem niezbędna dla ich optymalizacji projektowej i operacyjnej [2-5]. Przedstawione badanie, realizowane na przykładzie elektrowni fotowoltaicznej, ma za zadanie dostarczyć wartościowych danych i analiz, które przyczynią się do głębszego zrozumienia i efektywniejszego wykorzystania energii słonecznej.

Projekt hybrydowej elektrowni fotowoltaiczno-wiatrowej powstał jako odpowiedź na rosnące zainteresowanie odnawialnymi źródłami energii. Stanowi on model referencyjny dla podobnych inicjatyw w województwie podlaskim, prezentując praktyczne zastosowanie innowacyjnych rozwiązań w dziedzinie energii odnawialnej. Przez ponad dziewięć lat ciągłej działalności udało się zgromadzić obszerne dane dotyczące parametrów energetycznych, które są ogólnodostępne na stronie internetowej www.elektrownia.pb.edu.pl. Dodatkowe dane, takie jak te ze stacji pogodowych, czy związane z produkcją energii elektrycznej, dostępne są po uzyskaniu zgody na dostęp do danych pomiarowych. Te archiwalne zasoby są wykorzystywane do analiz wpływu warunków pogodowych na efektywność produkcji energii odnawialnej, a także do oceny jakości wytwarzanej energii. Energia wyprodukowana przez elektrownię jest istotnym komponentem zasilania infrastruktury Politechniki Białostockiej, znacząco przyczyniając się do poprawy jej bilansu energetycznego.

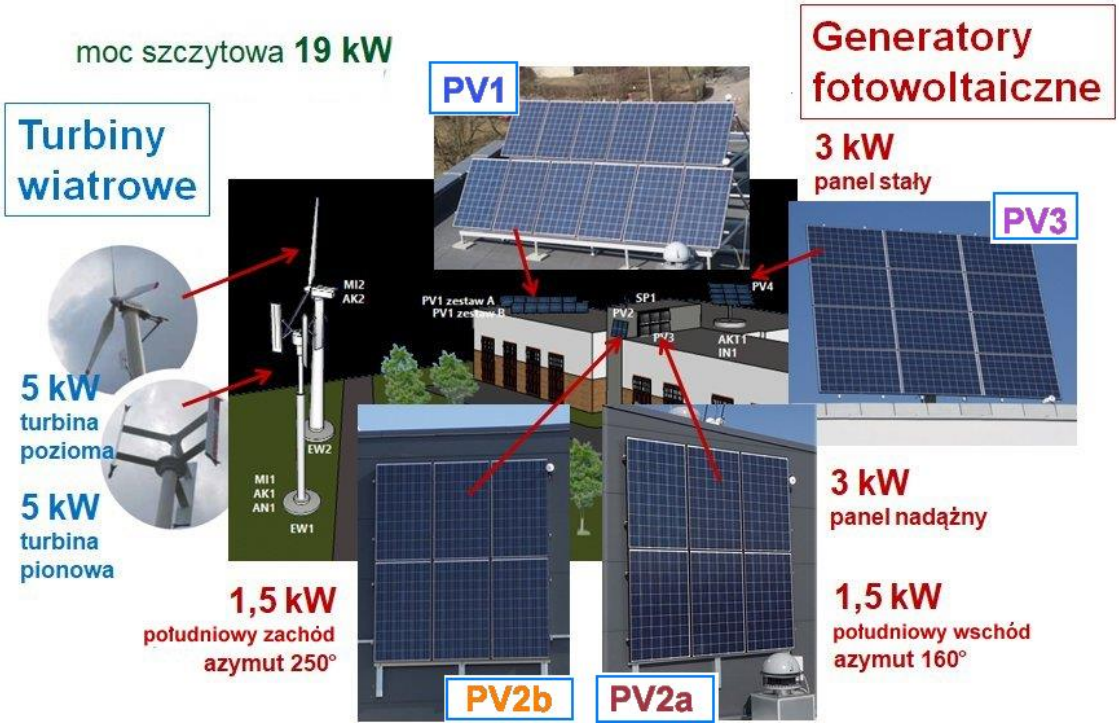
Badanie warunków temperaturowych, w jakich pracują panele fotowoltaiczne, odgrywa ważną rolę w określaniu przewidywanej wydajności energetycznej, trwałości instalacji oraz poziomu niezawodności [6-9]. Ponadto, analiza ta jest nieoceniona przy projektowaniu zintegrowanych z panelami systemów elektronicznych, takich jak układy zabezpieczające czy mikrokonwertery [10], wpływając na ich żywotność i długoterminową stabilność operacyjną.

W trakcie ponad dziewięciu lat działalności hybrydowej elektrowni udało się zgromadzić unikatowy zestaw danych odzwierciedlających specyfikę województwa podlaskiego w zakresie energetyki odnawialnej. W niniejszym opracowaniu szczegółowo analizowane są temperaturowe warunki pracy paneli fotowoltaicznych wchodzących w skład systemu elektrowni hybrydowej Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej,

pokrywające okres od 14 marca 2015 roku do 13 marca 2024 roku. Ta analiza ma kluczowe znaczenie dla dalszego rozwoju efektywnych i trwałych systemów fotowoltaicznych, odpowiadających na dynamicznie zmieniające się potrzeby energetyczne współczesnego świata.

II. INFRASTRUKTURA BADAWCZA

System hybrydowej elektrowni, łączący technologie fotowoltaiczne i wiatrowe, skupia się na dwóch generatorach wiatrowych o łącznej mocy szczytowej 10 kW oraz czterech instalacjach fotowoltaicznych o sumarycznej mocy 9 kWp (Rys. 1). Panele fotowoltaiczne, składające się z modułów polikrystalicznych ESP 250 6P, są rozmieszczone w czterech specyficznych konfiguracjach: jedna instalacja (PV1) jest ustawiona pod stałym, optymalnym kątem 38° i dysponuje mocą 3 kWp; druga (PV3), wyposażona w system śledzenia słonecznego (tracker), również o mocy 3 kWp; pozostałe dwie instalacje (PV2a i PV2b), umieszczone na pionowych elewacjach budynku, generują po 1,5 kWp każda, przy czym znajdują się odpowiednio na ścianach południowo-wschodniej i południowo-zachodniej.



Rys. 1 Rozmieszczenie generatorów elektrowni hybrydowej

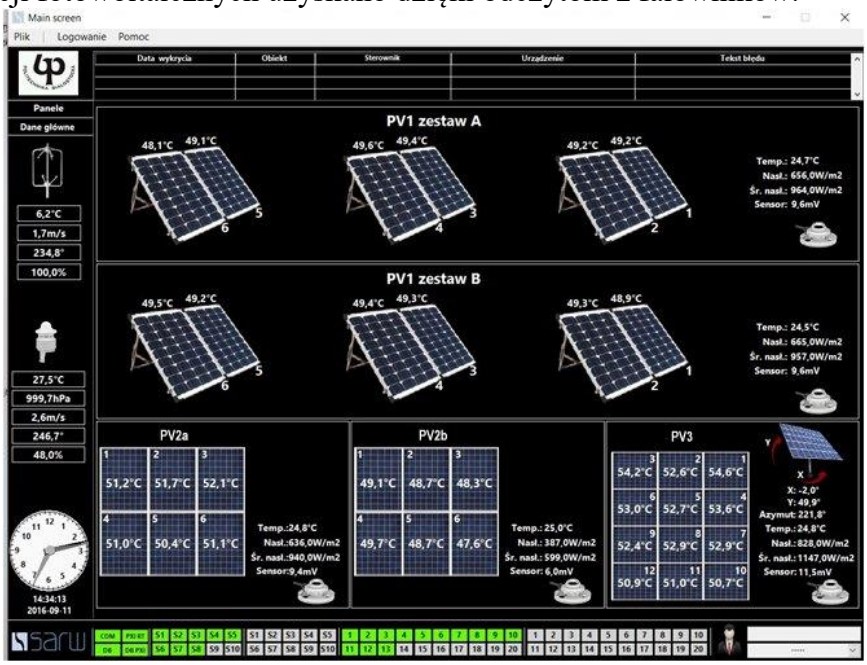
W Tabeli 1 przedstawiono kluczowe parametry poszczególnych instalacji fotowoltaicznych.

Tabela 1. Parametry paneli fotowoltaicznych

Ozn.	Moc szczytowa	Liczba modułów PV	Kąt względem pow. ziemi	Azymut	Powierzchnia	Całkowita produkcja en. elektr.	Energia z 1kWp rocznie
	kWp	-	-	-	m^2	*kWh*	*kWh*
PV1	3,0	12	38	180°	19,8	26642	987
PV2a	1,5	6	90°	160°	9,7	37046	750
PV2b	1,5	6	90°	250°	9,7	10119	**617**
PV3	3,0	12	układ nadążny	układ nadążny	19,8	8324	**1372**

Konfiguracja nadążna (PV3) umożliwia optymalizację wykorzystania energii słonecznej poprzez automatyczną korektę położenia paneli, zapewniając ich ciągłą orientację pod kątem prostym do kierunku padajania promieni słonecznych. System akwizycji danych, nazwany WSAD, zbiera informacje o warunkach pogodowych, temperaturze pracy paneli oraz poziomie hałasu i wibracji generowanych przez turbiny wiatrowe. Każdy z modułów fotowoltaicznych został wyposażony w czujniki temperatury, umożliwiające dokładny pomiar temperatury powierzchni paneli co 10 minut (Rys. 2).

Dodatkowo, w analizie wykorzystano dane z lokalnej stacji pogodowej Luft WS600 dotyczące temperatury otoczenia oraz dane z aktynometrycznej stacji Kipp&Zonnen Solsys2, mierzącej całkowite natężenie promieniowania słonecznego. Informacje o chwilowych mocach każdej z instalacji fotowoltaicznych uzyskano dzięki odczytom z falowników.



Rys. 2 Podgląd parametrów pracy paneli fotowoltaicznych – aplikacja WSAD

III. WYNIKI BADAŃ

Panele w analizowanym systemie odnawialnych źródeł energii składają się z jednakowych modułów fotowoltaicznych o mocy szczytowej 250 W. Przeprowadzono porównanie warunków temperaturowych pracy poszczególnych modułów fotowoltaicznych z różnych instalacji systemu elektrowni hybrydowej. W analizie uwzględniono moduły zlokalizowane w górnych rzędach oraz centralnych częściach każdej instalacji, które wykazywały najwyższe wartości temperatury pracy w porównaniu do reszty modułów w danej instalacji.

A. Zjawiska cieplne

Moduł fotowoltaiczny, podczas konwersji energii słonecznej na energię elektryczną, absorbuje promieniowanie słoneczne, co prowadzi do generowania ciepła. Niestety, około 75% tej energii przekształca się w ciepło, powodując wzrost temperatury pracy modułu. Temperatura modułu fotowoltaicznego (T_S) zależy od jego powierzchni (A), orientacji przestrzennej i zmienności warunków pogodowych. Bilans energetyczny modułu PV opisuje równanie (1):

$$q_{SW}A = P_o + q_{loss}A + \frac{dT_S}{dt}C_{mod}A, \quad (1)$$

przy czym: q_{SW} – natężenie promieniowania słonecznego [W/m^2], P_o – moc wyjściowa modułu [W], q_{loss} – całkowity strumień ciepła modułu PV [W/m^2], C_{mod} – pojemność cieplna modułu [J/m^{2}K].

Całkowity strumień ciepła q_{loss} wychodzącego z modułu jest definiowany jako suma następujących składników: energia cieplna generowana wskutek oddziaływania promieniowania spoza spektralnego pasma czułości modułu PV, straty ciepła w procesie przewodzenia energii elektrycznej wewnątrz modulu, a także straty ciepła spowodowane konwekcją naturalną i wymuszoną przez ruch powietrza (wiatr).

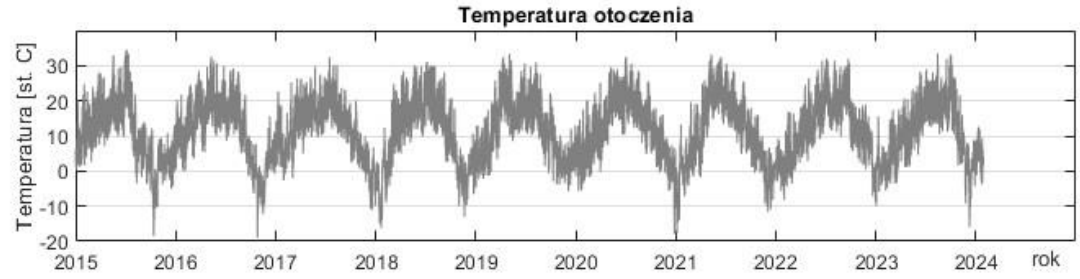
Sprawność konwersji energii słonecznej na energię elektryczną w module fotowoltaicznym maleje wraz ze wzrostem jego temperatury. Badania [8] dowodzą, że wzrost temperatury modułu PV z 25°C do 56°C, przy standardowych warunkach pracy (STC), powoduje spadek jego sprawności o 3,13%.

Te obserwacje podkreślają znaczenie zarządzania ciepłem w systemach fotowoltaicznych, aby zminimalizować negatywny wpływ wysokich temperatur na efektywność energetyczną modułów. Optymalizacja warunków pracy modułów fotowoltaicznych przez odpowiednią konstrukcję i rozmieszczenie może przyczynić się do poprawy ogólnej wydajności systemów odnawialnych źródeł energii.

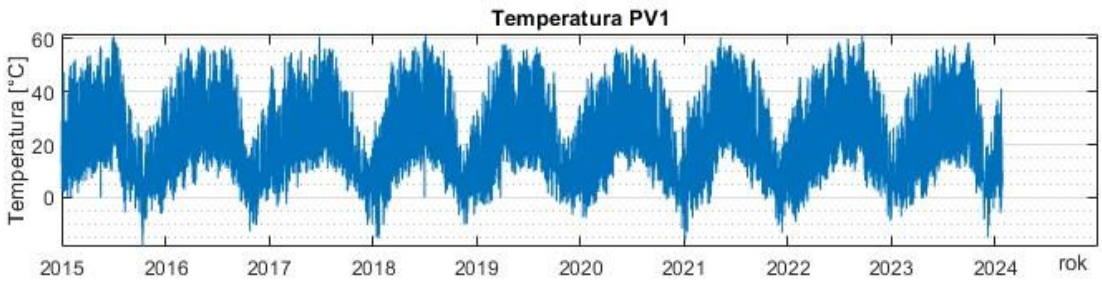
B. Analiza danych

Dane archiwalne z pomiarów są dostępne w formie plików CSV na stronie internetowej elektrowni pod adresem www.elektrownia.pb.edu.pl/dane. Głównym kryterium przy selekcji danych do analizy było skupienie się na okresach aktywnej pracy paneli, czyli kiedy generowały one energię elektryczną, co odzwierciedlały niezerowe wartości natężenia promieniowania słonecznego oraz niezerowe odczyty mocy. Odrzucane były dane niemiarodajne, pochodzące z momentów awarii lub prac konserwacyjnych (Rys. 3)

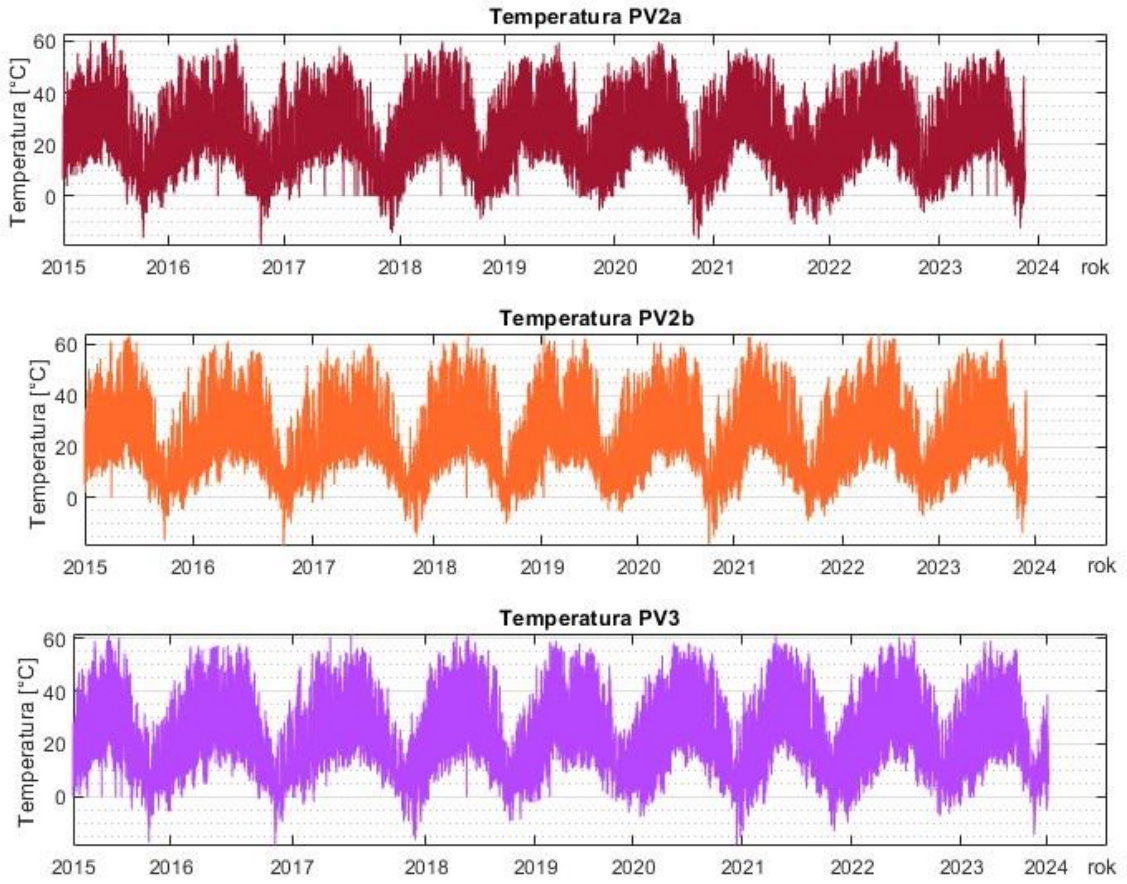
)



)



)



Rys. 3 Wykresy czasowe temperatur otoczenia i paneli w badanym przedziale czasu

C. *Wyniki badań statystycznych*

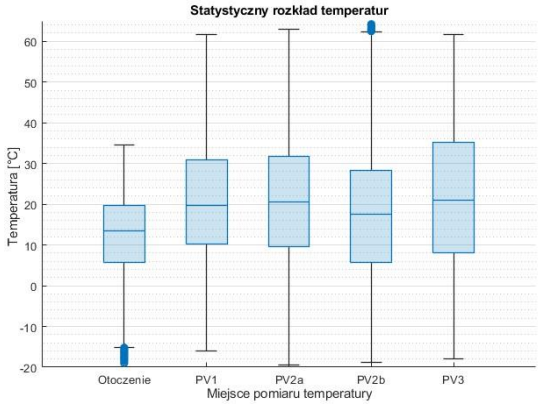
Analiza statystyczna zgromadzonych danych pomiarowych ujawniła ekstremalne temperatury pracy paneli w badanym okresie, które wynosiły od -19,4°C do 64,2°C. Minimalne temperatury pracy paneli były zbliżone do minimalnej temperatury otoczenia, natomiast maksymalne wartości przekraczały temperaturę otoczenia o ponad 27°C.

Tabela 2. Parametry statystyczne pomiarów temperatur [°C]

Miejsce	Maksimum	Minimum	Różnica	Mediana	Średnia	Odch. std.
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
otoczenie	34,5	-19,0	53,5	12,6	13,4	9,0
PV1	61,7	-16,0	77,7	19,8	21,2	13,7
PV2a	62,8	**-19,4**	82,2	20,6	21,1	14,4
PV2b	64,2	-18,8	**83,0**	17,5	18,6	14,9
PV3	61,7	-18,0	79,7	20,9	22,0	16,1

Rozpiętość temperatur pracy paneli PV wynosiła od 77,7°C dla PV1 do 83,0°C dla PV2b, przy zarejestrowanej różnicy temperatur otoczenia na poziomie 53,5°C (Tab. 2).

Wykresy typu *box-plot* (Rys. 4) ilustrują rozkłady temperatur pracy paneli, z zaznaczonymi najczęściej występującymi wartościami temperatur oraz ich ekstremami w porównaniu z rozkładem temperatur otoczenia.

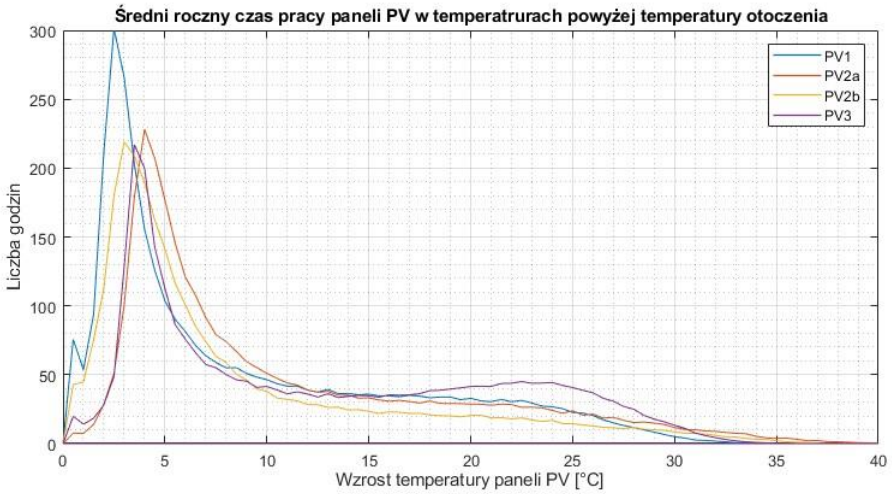


Rys. 4 Statystyczny rozkład temperatur otoczenia i paneli PV

Analiza danych z ostatnich dziewięciu lat, przedstawiona w Tabeli 2 oraz na rysunku 4, obrazuje rzeczywiste warunki temperaturowe, w jakich pracują moduły paneli fotowoltaicznych w badanym systemie.

D. Analiza warunków pracy paneli w zestawieniu średnio-rocznym

Dzięki danych zgromadzonych przez pełne dziewięć lat, możliwe było określenie średnich rocznych wartości kluczowych parametrów pracy paneli. Tabela 3 przedstawia całkowitą liczbę godzin, w trakcie których panele były aktywne, tj. generowały energię elektryczną. Analiza średniorocznego czasu pracy modułów w temperaturach przekraczających temperaturę otoczenia przedstawiona jest na rysunku 5, ilustrującym różnice w ekspozycji na wyższe temperatury.



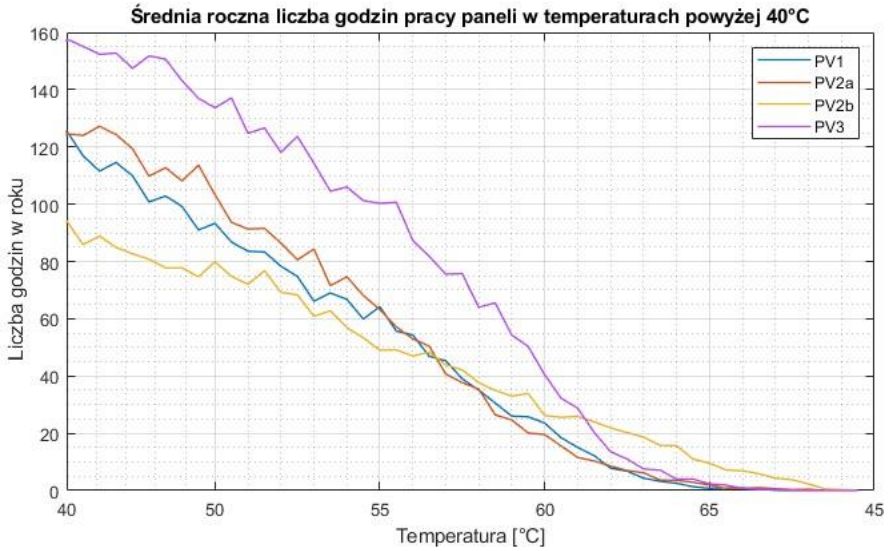
Rys. 5 Porównanie średnio-rocznego czasu pracy paneli w temperaturach powyżej temperatury otoczenia

Tabela 3 Porównanie godzin pracy paneli

Panel	Całkowita liczba godzin pracy
PV1	35180
PV2a	32251
PV2b	31771
PV3	35908

Z danych wynika, że przez około połowę czasu pracy, panele pracują w temperaturze nieprzekraczającej 8°C powyżej temperatury otoczenia. Panele na układzie nadążnym (PV3) wyróżniają się znacznym wzrostem czasu pracy w temperaturach o 17°C - 30°C wyższych, niż temperatura otoczenia, co odróżnia je od pozostałych instalacji.

Dodatkowo, dane z Tabeli 4 ukazują łączną liczbę godzin pracy modułów w temperaturze powyżej 40°C, co zostaje zobrazowane na rysunku 6, prezentującym rozkład godzinowy pracy modułów w podwyższonych temperaturach. Mikroinstalacja na układzie nadążnym pracuje w wysokich temperaturach (powyżej 40°C) 1,7 raza dłużej niż instalacja na elewacji południowo-wschodniej.

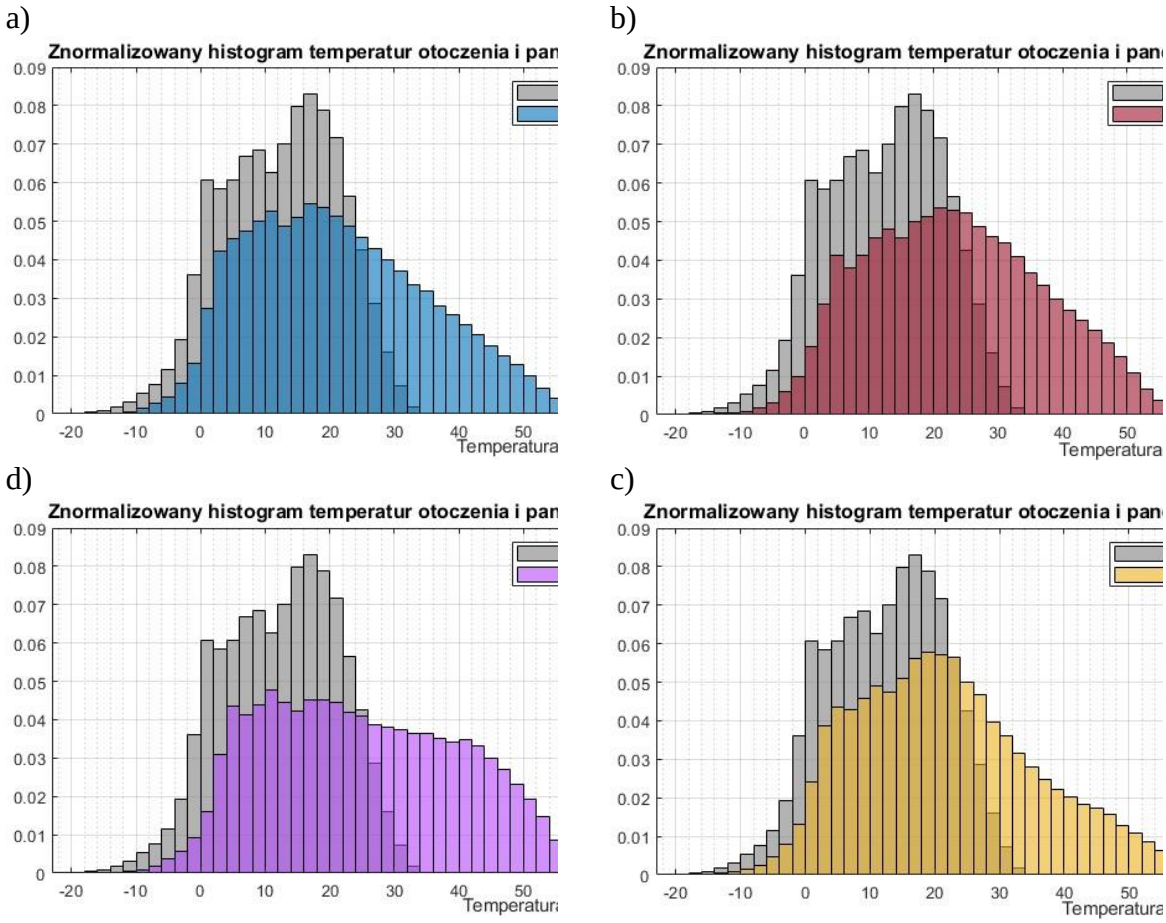


Rys. 6 Rozkład średnio-rocznego czasu pracy paneli w temperaturach powyżej 40°C

Tabela 4 Porównanie godzin pracy modułów w podwyższonej temperaturze

Panel	Całkowita liczba godzin pracy w temp. powyżej 40°C
PV1	3384
PV2a	3619
PV2b	3131
PV3	5203

Histogramy na rysunku 7 przedstawiają dystrybucję temperatur pracy modułów w trakcie generowania energii elektrycznej. Panel PV3, dzięki systemowi nadążnemu, notuje najdłuższy czas pracy w wysokich temperaturach, szczególnie w zakresie od 40°C do 62°C. Panel PV2a, umieszczony na południowo-zachodniej elewacji, wyróżnia się największą liczbą godzin pracy w najwyższym przedziale temperatur, tj. od 62°C do 69°C.



Rys. 7 Histogramy czasu pracy paneli na tle temperatur paneli T_{PV} i otoczenia T_a

Analiza danych przedstawionych na wykresach z Rysunku 7 pokazuje, że udział czasu pracy w temperaturach przekraczających 40°C dla poszczególnych paneli mikroinstalacji PV1, PV2a, PV2b i PV3 wynosi odpowiednio 11,5%, 13,2%, 10,9% i 17,0%. Z kolei, analizując pracę paneli w bardziej ekstremalnych warunkach, zauważamy, że panele PV1, PV2a i PV2b funkcjonowały przez 2,4% całkowitego czasu pracy w temperaturze powyżej 50°C. Dla paneli w układzie nadążnym PV3, ten wskaźnik wzrasta do 4,8%, co wskazuje na ich zwiększoną ekspozycję na wyższe temperatury.

V. PODSUMOWANIE

Wyniki badań temperatur pracy paneli fotowoltaicznych w różnych konfiguracjach, zaprezentowane w tym opracowaniu, odzwierciedlają specyfikę ich lokalizacji na terenie kampusu Politechniki Białostockiej oraz charakterystyczny dla województwa podlaskiego klimat. Temperatury pracy paneli są uwarunkowane metodą instalacji, stopniem ekspozycji na promieniowanie słoneczne oraz wpływ wiatru.

Panel PV3, zamontowany na mechanizmie nadążnym, dzięki ciągłemu korygowaniu pozycji w kierunku promieni słonecznych, funkcjonuje w najbardziej wymagających warunkach temperaturowych, znacząco różniących się od warunków, w jakich pracują inne panele elektrowni. W porównaniu do reszty, PV3 pracuje ponad 30% czasu w temperaturze przekraczającej 40°C, jak wykazano w Tabeli 4, i dwukrotnie dłużej utrzymuje się w temperaturze powyżej 50°C, co ilustrują dane z Rysunku 7. Najbardziej optymalne warunki temperaturowe panują na panelu PV2a, zainstalowanym na południowo-zachodniej ścianie budynku, co pokazują wykresy z Rysunków 4-6. Jednakże ten panel charakteryzuje się ponad dwukrotnie mniejszą wydajnością produkcji energii elektrycznej – 617 kWh/rok od panela PV3 – 1372 kWh/rok (Tabela 1).

Prezentowane w publikacji wyniki mogą stanowić cenne źródło danych dla projektantów systemów fotowoltaicznych, umożliwiając dokładniejszy dobór komponentów elektronicznych oraz efektywne zarządzanie rozprzestrzenianiem się ciepła w urządzeniach zlokalizowanych w pobliżu paneli. Analiza temperatur pracy dostarcza kluczowych informacji, które mogą być wykorzystane do korekty symulacyjnych modeli produkcji energii elektrycznej w fazie projektowej elektrowni fotowoltaicznych. Takie dane są szczególnie wartościowe dla regionu województwa podlaskiego i mogą być aplikowane do konfiguracji paneli podobnych do tych zastosowanych w badanym systemie hybrydowym na Politechnice Białostockiej.

Politechnika Białostocka

PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Podlaskie

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

FUNDUSZE EUROPEJSKIE - DLA ROZWOJU WOJEWÓDZTWA PODLASKIEGO

BIBLIOGRAFIA

1. Radziemska, E. „The effect of temperature on the power drop in crystalline silicon solar cells.” Renewable Energy, 28(1), (2003), 1-12.

2. Dubey, S., Sarvaiya, J.N. and Seshadri, B., Temperature dependent photovoltaic (PV) efficiency and its effect on PV production in the world–a review. Energy procedia, 33 (2013), pp.311-321.
3. Ma, T., Yang, H., & Lu, L. Long term performance analysis of a standalone photovoltaic system under real conditions. Applied Energy, 201 (2017), 320-331.
4. Sharma, V., & Chandel, S. S., Performance and degradation analysis for long term reliability of solar photovoltaic systems: A review. Renewable and sustainable energy reviews, 27 (2013), 753-767.
5. Mustafa, R. J., Gomaa, M. R., Al-Dhaifallah, M., & Rezk, H., Environmental impacts on the performance of solar photovoltaic systems. Sustainability, 12(2) (2020), 608.
6. Segbefia O.K., Sætre T.O. „Investigation of the temperature sensitivity of 20-years old field-aged photovoltaic panels affected by potential induced degradation", Energies, 15 (2022), p. 3865.
7. Skoplaki E., Palyvos J.A. „On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: a review of efficiency/power correlations", Sol. Energy, 83 (2009), pp. 614-624.
8. Balog R. S., Kuai Y., Uhrhan G. "A photovoltaic module thermal model using observed insolation and meteorological data to support a long life, highly reliable module-integrated inverter design by predicting expected operating temperature," 2009 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, San Jose, CA, USA, (2009), pp. 3343-3349.
9. Rahman, M. M., Hasanuzzaman, M., & Rahim, N. A. „Effects of various parameters on PV-module power and efficiency" Energy Conversion and Management, (2015), 103, 348–358.
10. Spiazzi G., Buso S., Mattavelli P., Tenti P. „Low complexity MPPT techniques for PV module converters" The 2010 International Power Electronics Conference, IEEE (2010), p. 2074.

DETERMINANTY WSPÓŁPRACY NAUKI Z BIZNESEM W WARUNKACH GOSPODARKI OPARTEJ NA WIEDZY

Trocikowski T.[1], Kunikowski S.[2]
[1]Kujawska Szkoła Wyższa we Włocławku
[2]Włocławskie Towarzystwo Naukowe we Włocławku

Streszczenie. Procesy globalizacji we współczesnej gospodarce stawiają przed przedsiębiorstwami, regionami czy poszczególnymi krajami potrzebę budowania silnej przewagi konkurencyjnej, a sprzyjać temu ma sprawne i szybkie wdrażanie innowacji.
W działalności przedsiębiorstw rośnie znaczenie wiedzy, własności intelektualnej, nowoczesnych technologii, zwłaszcza informatycznych. Innowacyjne technologie cechujące współczesne produkty, nowoczesne technologie stosowane w procesach wytwórczych, nowoczesne podejście w zakresie organizacji produkcji są charakterystyczne współcześnie, gdy mamy do czynienia z ostrą walką konkurencyjną. Przedsiębiorstwa dla zbudowania przewagi konkurencyjnej muszą nadal dysponować odpowiednimi zasobami materialnymi i finansowymi oraz odpowiednim kapitałem intelektualnym i potencjałem innowacyjnym ale przede wszystkim prowadzić aktywną działalność proinnowacyjną która zmierza do kreowania i skutecznej komercjalizacji innowacji.
Jednym z procesów który powinien być widoczny w działalności każdego przedsiębiorstwa to współpraca nauki z biznesem w ramach prowadzenia działalności badawczo - rozwojowej. Z chwilą przystąpienia Polski do Unii Europejskiej mamy szereg instrumentów, których celem jest zwiększanie współpracy pomiędzy biznesem i nauką w ramach sfery B+R. Pytanie czy te cele zostały dobrze zdefiniowane. W poprzedniej perspektywie finansowej Unii Europejskiej fundusze strukturalne były w większym stopniu nakierowane na wsparcie sektora nauki w obszarze badań naukowych, infrastruktury badawczej oraz procesów transferu technologii. W obecnym horyzoncie czasowym 2021 – 2027 większość środków przeznaczonych na badania i rozwój będzie kierowana do przedsiębiorstw i organizacji otoczenia biznesu, przykładem niech będzie „Ścieżka Smart"
Bardzo ważnym zagadnieniem w procesie komercjalizacji odgrywa internacjonalizacja działalności gospodarczej którą cechuje m.in. szybki postęp technologiczny, intensywne rozprzestrzenianie się innowacji, duża mobilność kapitału.
Słowa kluczowe: działalność badawczo - rozwojowa, innowacje, komercjalizacja, kapitał intelektualny, fundusze europejskie.

I. Współpraca naukowo – badawcza warunkiem wzrostu konkurencyjności przedsiębiorstw

Polska gospodarka stoi dziś przed wyzwaniem przejścia od konkurowania głównie kosztami do modelu tworzenia wyższej wartości dodanej, opartej m.in. innowacjach oraz na transferze wiedzy i technologii. Takie procesy nie będą możliwe bez efektywnego współdziałania nauki z biznesem w ramach B+R których najważniejszym wyzwaniem jest tworzenie partnerstw i podejmowanie współpracy międzysektorowej. Jej przykładem jest **współdziałanie biznesu z uczelniami**, przybierające różne formy, dostosowane do potrzeb i możliwości obu grup beneficjentów.

Działania badawczo-rozwojowe stanowią kluczowe komponenty w kreowaniu nie tylko konkurencyjności, ale także innowacyjności. Obie formy aktywności mają zasadnicze znaczenie dla długoterminowego wzrostu oraz zdolności do utrzymania pozycji lidera. Inwestycje w B+R — w dużym uogólnieniu — pozwalają firmom rozwijać produkty i usługi oraz optymalizować obecne procesy wytwórcze. Ponadto dzięki temu przedsiębiorstwa mogą szybciej reagować na zmiany rynkowe, odpowiadać na oczekiwania klientów, budując

przewagę nad konkurencją. Kwestie zarządzania zmianą w organizacji nabierają priorytetowego znaczenia[1].

Na współpracy w sferze B+R zyskują wszyscy uczestnicy rynku. Z jednej strony przedsiębiorstwa otrzymują dostęp do specjalistów, którzy w ramach swoich zainteresowań naukowych są w stanie zaprojektować procesy i rozwiązać problemy, z którymi mierzą się ci pierwsi. Transakcja ta wiąże się z redukcją kosztów (tym bardziej, iż niejednokrotnie wymaga to dostępu do wysokospecjalistycznego sprzętu). Z drugiej strony uczelnie, które mogą dzięki temu komercjalizować wyniki prac badawczych swoich pracowników, prowadzić badania wspólnie z praktykami czy wreszcie doskonalić swoje programy kształcenia o elementy oczekiwane na rynku pracy. To ostatnie zachowanie przynosi natomiast wymierne korzyści studentom, którym po ukończeniu studiów łatwiej będzie odnaleźć się w pracy zawodowej. Jednak należy zaznaczyć że dualny system kształcenia nie przynosi spodziewanych rezultatów.

Przedsiębiorstwo funkcjonuje na określonym rynku i w swoich działaniach musi uwzględniać jego charakter. W warunkach gospodarki rynkowej, a także wobec standardów Unii Europejskiej istnieje konieczność wzbogacania wiedzy i umiejętności kierowania przedsiębiorstwem w warunkach konkurencji. Natomiast procesy globalizacyjne sprawiają, że współpraca w skali międzynarodowej staje się atrakcyjna i pełna nowych wyzwań oraz spodziewanych rezultatów finansowych. Prowadzone rozważania przedstawiają nowe kierunki współpracy w sferze pozyskiwania wiedzy i innowacji. W praktyce rozważa się współpracę, która zorientowana jest na zwiększenie potencjału intelektualnego przedsiębiorstwa. Współpraca w sferze innowacji to aktywne uczestnictwo we wspólnych projektach innowacyjnych z innymi beneficjentami. Mogą to być inne przedsiębiorstwa lub instytucje otoczenia biznesu. Współpraca w sferze B+R umożliwia przedsiębiorstwom dostęp do wiedzy i technologii, których nie byłoby w stanie wykorzystać samodzielnie. Przy współpracy istnieje również duży potencjał dla synergii, ponieważ partnerzy uczą się od siebie nawzajem.

Wzrost konkurencyjności i innowacyjności gospodarki wpływa m.in. na poziom technologiczny, który jak się powszechnie uważa – można osiągnąć, zwiększając nakłady na badania i rozwój oraz innowacje. W takim kontekście, uznając wyższość kapitału intelektualnego nad kapitałem rzeczowym, należy postawić tezę, że głównie z racji istotnej roli, jaką odgrywa wiedza w procesie tworzenia innowacji, można stwierdzić, iż jest ona ich siłą napędową. Wiedza nie tylko kreuje innowacje ale również ma wiodący wpływ na procesy zarządcze w organizacji. Tym samym, warunkiem pojawienia się innowacji jest innowacyjność organizacji, czyli zdolność do tworzenia wiedzy, którą można i należy zarządzać. Zagadnienie to nabiera na znaczeniu, przybiera ona miano metody zarządzania wiedzą, uzupełnia tradycyjny model zarządzania. Jak wiadomo głównymi podmiotami, którym przypada pierwszoplanowa rola w gospodarce innowacyjnej, są przedsiębiorstwa. Część przedsiębiorstw i instytucji odznacza się innowacyjnością, prowadząc działalność innowacyjną. Nie ma zatem prostej zależności między poniesionymi nakładami na B+R a działalnością innowacyjną. Tym bardziej warto nawiązywać nić porozumienia między sferą nauki a sferą biznesu. Odrębnym zagadnieniem jest kwestia umiejętności zarządzania działalnością innowacyjną w przedsiębiorstwie, gdyż nie wszyscy przedsiębiorcy potrafią to robić wobec braku tzw. kultury innowacyjności w organizacji.

Warunkiem realizacji idei społeczeństwa opartego na wiedzy jest nadanie odpowiedniej rangi powszechnie rekomendowanej koncepcji uczenia się przez całe życie w ramach kształcenia ustawicznego, które stanowi zasadniczy element tzw. europejskiej przestrzeni szkolnictwa wyższego. W Europie przyszłości, zbudowanej na społeczeństwie i gospodarce opartej na wiedzy, strategie kształcenia ustawicznego będą musiały sprostać wyzwaniu

[1] J. Rubin, W. Grabowski, M. Naumiuk, ZWINNOLOGIA Innowacyjne podejście do zarządzania zmianą, MT Biznes, Warszawa 2019, s. 263.

konkurencyjności i wykorzystaniu najnowszych technologii w celu zwiększenia spójności społecznej, równości szans i jakości życia[2]

II. Działalność naukowo – badawcza w Polsce w ujęciu statystycznym

Rozwój gospodarki i podmiotów gospodarczych silnie warunkowane są poziomem nakładów na działalność badawczo-rozwojową. Polska sukcesywnie dogania kraje europejskie pod względem poziomu nakładów na B+R. Z drugiej strony wciąż nie brakuje barier ograniczających innowacyjność i budowanie gospodarki opartej na wiedzy. Podstawowym źródłem finansowania prac B+R są środki własne przedsiębiorstw, z których korzysta aż 98% firm prowadzących lub zlecających projekty badawczo - rozwojowe. Większość średnich i dużych przedsiębiorstw, które prowadzą lub zlecają B+R, przeznacza na tę działalność między 1 a 5% swoich przychodów. Drugim najczęściej wykorzystywanym źródłem finansowania jest pomoc publiczna – korzysta z niej 48% firm angażujących się w B+R. Przedsiębiorstwa otrzymują głównie dotacje na inwestycje finansowane z funduszy strukturalnych Unii Europejskiej oraz na działalność badawczo-rozwojową. Stosunkowo często do finansowania prac B+R (część inwestycyjna) wykorzystywane są także kredyty i leasing urządzeń[3].

W Polsce sektor B+R nieustannie się rozwija. Z raportu GUS „Działalność badawcza i rozwojowa w Polsce w 2022 r."[4] wynika, że nakłady brutto na działalność badawczo – rozwojową systematycznie rosną. Nakłady krajowe brutto na działalność B+R (GERD) w 2022 r. wyniosły 44,7 mld zł i wzrosły w stosunku do poprzedniego roku o 18,6%. Wskaźnik intensywności prac B+R, stanowiący udział nakładów wewnętrznych na działalność B+R w PKB, wyniósł 1,46% (w 2021 r. – 1,43%). Wartość nakładów krajowych brutto na działalność B+R w przeliczeniu na 1 mieszkańca wyniosła 1 182 zł i była większa niż przed rokiem o 19,2%. Liczba podmiotów zaangażowanych w działalność B+R wzrosła w porównaniu z rokiem poprzednim o 0,8%[5].

Tabela 1. Wybrane dane z zakresu działalności B+R

Wyszczególnienie	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Liczba podmiotów w działalności B+R	4 427	4 871	5 102	5 779	5 863	6 381	7 370	7 431
Nakłady krajowe brutto na działalność B+R (GERD) w mln zł	18 061	17 943	20 578	25 648	30 285	32 402	37 676	44 702
Relacja nakładów krajowych brutto na działalność B+R (GERD) do PKB w %	1,00	0,97[a]	1,04[a]	1,21	1,32	1,39	1,43[a]	1,46

a Dane zmienione w stosunku do wcześniej opublikowanych ze względu na rewizję PKB.
źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

[2] J. P. Deschamps, *Liderzy innowacyjności*, *Jak rozwijać i utrzymywać innowacyjność w firmie*, Wolters Kluwer Polska SA, Warszawa – 2011, s. 155 i następne
[3] Raport „*Działalność badawczo-rozwojowa przedsiębiorstw w Polsce Perspektywa 2020", KPMG w Polsce, kpmg.pl*
[4] Dane GUS – stat.gov.pl
[5] Tamże

W 2022 r. w strukturze nakładów wewnętrznych na działalność B+R według rodzajów kosztów niezmiennie dominowały nakłady bieżące. Stanowiły one 85,1% wszystkich nakładach krajowych poniesionych na realizację projektów badawczych i rozwojowych[6].

2.1. Kadra naukowa w działalności B+R

W działalności innowacyjnej przedsiębiorstwa bardzo ważną rolę odgrywają naukowcy którzy z racji posiadanej wiedzy, umiejętności i kompetencji często stają się liderami zespołów w projektach badawczo - rozwojowych.

Naukowcy angażujący się w działalność badawczo – rozwojową wnoszą:

- inicjatywę oraz pomysły,
- nową wiedzę i nowe technologie,
- przygotowanie kapitału ludzkiego,
- - kreatywne środowisko,
- laboratoria i infrastrukturę badawczą.

Natomiast oczekują:

- komercjalizacji wyników badań naukowych,
- zleceń na usługi i ekspertyzy,
- finansowania badań naukowych,
- zatrudnienia absolwentów.

W 2022 r. kadra naukowa zaangażowana w działalność badawczą i rozwojową liczyła 321,4 tys. osób, tj. o 5,2% więcej niż w roku poprzednim. Rzeczywiste zaangażowanie tych osób w projekty B+R wyrażone w ekwiwalentach pełnego czasu pracy wyniosło 195,1 tys. EPC i wzrosło w skali roku o 5,3%. W strukturze kadry naukowej w B+R dominowała kadra wewnętrzna, stanowiąca 81,8% kadry w B+R mierzonego w osobach, oraz 84,1% – w EPC (w 2021 r. udziały te wyniosły odpowiednio 81,5% i 83,7%)[7].

W 2022 r. w strukturze osób zaangażowanych w działalność B+R według realizowanej funkcji niezmiennie dominowała kadra badawcza, która stanowiła odpowiednio 69,3% i 71,2% kadry naukowej wewnętrznej i zewnętrznej w B+R wyrażonego w osobach (wobec 70,0% i 73,1% w 2021 r.). W ekwiwalentach pełnego czasu pracy udziały te wyniosły odpowiednio 72,5% oraz 71,7% (wobec 72,7% i 75,8% w 2021 r.)[8].

W 2022 r. w strukturze kadry naukowej wewnętrznej w B+R według sektorów wykonawczych dominowały osoby pracujące przy działalności B+R w sektorze przedsiębiorstw oraz sektorze szkolnictwa wyższego. Kadra naukowa wewnętrzna tych sektorów stanowiła odpowiednio 57,1% i 40,3% ogólnej liczby osób z kadry naukowej wewnętrznej zaangażowanej w realizację badań naukowych i prac rozwojowych. W sektorze przedsiębiorstw liczebność kadry naukowej wewnętrznej w B+R wzrosła w porównaniu z rokiem poprzednim o 9,0%, natomiast w sektorze szkolnictwa wyższego – o 2,0%. Najwyższą wartość ekwiwalentu pełnego czasu pracy odnotowano w sektorze przedsiębiorstw (101,6 tys. EPC), która w stosunku do 2021 r. zwiększyła się o 8,9%[9].

[6] Tamże
[7] Tamże
[8] Tamże
[9] Tamże

Tabela 2. Kadra naukowa w B+R według poziomu wykształcenia i głównych grup

Wyszczególnienie a – 2021 b – 2022		Ogółem	Z wykształceniem wyższym				Osoby z pozostałym wykształceniem
			z tytułem profesora	ze stopniem naukowym		pozostałym	
				doktora habilitowanego	doktora		
		w osobach					
Ogółem	**a**	**305 563**	**14 645**	**25 619**	**51 980**	**175 659**	**37 660**
	b	**321 391**	**14 760**	**25 989**	**53 872**	**189 237**	**37 533**
Personel wewnętrzny	a	249 014	11 333	22 761	47 307	139 139	28 474
	b	263 057	11 248	22 859	48 932	149 870	30 148
Personel zewnętrzny	a	56 549	3 312	2 858	4 673	36 520	9 186
	b	58 334	3 512	3 130	4 940	39 367	7 385

źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

W strukturze zarówno kadry naukowej wewnętrznej, jak i zewnętrznej według poziomu wykształcenia dominowały osoby z pozostałym wykształceniem wyższym, które stanowiły odpowiednio 57,0% oraz 67,5% osób w danej grupie kadry w B+R. Co najmniej stopień naukowy doktora posiadało w personelu wewnętrznym 31,6% osób, natomiast w przypadku kadry zewnętrznego odsetek ten wyniósł 19,9%[10].

III. Konsorcja Naukowo – Przemysłowe jako innowacyjna forma współpracy nauki z biznesem

Budowanie gospodarki opartej na wiedzy w coraz większym stopniu kładzie nacisk na współpracę nauki z przemysłem rozumianym jako duże korporacje, małe i średnie przedsiębiorstwa, organizacje świadczące wszelkiego rodzaju usługi oraz instytucje otoczenia biznesu. Dotyczy to zarówno sektora państwowego i prywatnego. Proces tworzenia konsorcjów ma zasięg lokalny, krajowy i międzynarodowym. **Konsorcjum jest związkiem o charakterze przejściowym, nastawionym na realizację ustalonego celu, na ponoszenie wspólnego ryzyka i odpowiedzialności.**

Celem konsorcjum jest tworzenie, rozwój i wdrażanie nowych technologii lub usług[11] oraz realizacja projektów infrastrukturalnym o znaczącym potencjale[12]. Zdarzają się takie inwestycje, które są zbyt duże, by mogły zostać zrealizowane przez pojedynczy podmiot, wówczas inwestorzy mogą podjęć decyzję o współpracy, zobowiązując się do wspólnego wypełnienia ustalonego zadania w ramach konsorcjum. Realizowane jest to w postaci wspólnych projektów finansowanych ze środków własnych lub publicznych w postaci grantów i dotacji współfinansowanych z funduszy strukturalnych Unii Europejskiej.

[10] Tamże
[11] W.M. Grudzewski, I.K. Hajduk, *Zarzadzanie technologiami. Zaawansowane technologie i wyzwanie ich komercjalizacji*, Dyfin, Warszawa 2008, s. 17 i następne
[12] P. Borkowski, *Metody obiektywizacji oceny ryzyka w inwestycjach infrastrukturalnym w transporcie,* Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2013, s. 60 i następne

Ponadto, w obrocie gospodarczym występuje odrębna, ale bardzo interesująca grupa konsorcjów, a mianowicie konsorcja naukowo-przemysłowe, skład w których wchodzą jednostki naukowe oraz przedsiębiorcy, których wspólne przedsięwzięcie obejmuje określone badania naukowe lub prace rozwojowe, w celu ich wykorzystania w gospodarce, a konkretnie doprowadzenie do etapu komercjalizacji. W konsorcjach tych dochodzi zatem do zmiany beneficjatów w stosunku do konsorcjum zwykłego, gdzie w skład tej formy kooperacji wchodzą wyłącznie przedsiębiorcy. Idea współpracy sektora nauki i biznesu kojarzona jest ze wspólnym prowadzeniem prac badawczo-rozwojowych (B+R) i tworzeniem innowacyjnych rozwiązań technologicznych w obszarze produkcji i usług. Takie podejście jest jednak dość wąskie. Głębsze przyjrzenie się obszarom takiej współpracy pokazuje wiele jej innych wymiarów, w których udział przynosi korzyści nie tylko przedsiębiorstwom i uczelniom, lecz także studentom różnych kierunków studiów[13].

Kolejną odmiennością w konsorcjum naukowo – przemysłowym jest dualizm celu zawarcia takiej umowy – oprócz celu gospodarczego, najistotniejszego dla zawierających ją przedsiębiorców, jest nim zawsze pewien cel naukowy, niewątpliwie najdonioślejszy dla uczestniczących w danym konsorcjum jednostek naukowych. Istotna rola tego typu konsorcjów przejawia się z jednej strony w zapewnieniu możliwości finansowania prac nad opracowywaniem nowoczesnych rozwiązań technologicznych, które następnie będą mogły być skomercjalizowane i znaleźć zastosowanie w obrocie gospodarczym, z drugiej zaś – w bezpośrednim dostępie zainteresowanych przedsiębiorców do najnowszych osiągnięć naukowych i możliwości ich gospodarczego wykorzystania[14].

Konsorcja naukowo – przemysłowe są efektywnym sposobem weryfikacji właściwej alokacji środków na badania i rozwój. Partnerzy przemysłowi, inwestując własne środki i ponosząc ryzyko biznesowe, są w stanie dobrze, szybko, tanio i stosunkowo obiektywnie określić przyszłe korzyści z wdrożenia wyników określonych badań naukowych. Zadanie to wykonują bardziej efektywnie niż naukowa struktura organizacyjna (zespoły ekspertów), która podejmuje arbitralne decyzje o przydatności pewnych rozwiązań bez więzi z gospodarką, przemysłem i rynkiem. W tego typu organizacjach dochodzi do konfrontacji teorii z praktyką w efekcie której powinno dojść do skutecznego procesu wejścia na komercyjne rynki.

3.1. Aspekty naukowo - badawcze

Głównym celem przedsiębiorców jest podnoszenie atrakcyjności oferowanych przez nich produktów i usług. Działania te prowadzone są przede wszystkim poprzez wdrażanie innowacji oraz transfer wiedzy i technologii. Cele przedsiębiorców generują nowe zadania badawczo-rozwojowe zorientowane na wdrożenia wyników badań. Prace badawcze są zadaniem dla jednostek naukowych, które jak wspomniano, dysponują wiedzą i doświadczeniem w tej materii. Tworzenie konsorcjów jest zatem powiązane z możliwością komercjalizacji badań naukowych prowadzonych w jednostce naukowej na dużą skalę a jednocześnie pozwala pozyskać środki na działalność statutową, w tym przypadku na tę związaną z celem zawiązania konsorcjum[15]. Zaletą konsorcjów z punktu widzenia jednostki naukowej, jest również możliwość uczestniczenia w większej ilości projektów poszerzających znacząco obszar oddziaływania nauki na gospodarkę. Granty na prace badawczo-rozwojowe

[13] J. Fazlagić*, Innowacyjne zarządzanie wiedzą*, Difin, Warszawa 2014, s. 26 i następne
[14] J. Kaufman, *Indywidualny Program MBA Rozwiń praktyczne umiejętności biznesowe*, MT Biznes, Warszawa 2021, s. 70 i następne
[15] W.M. Grudzewski, I.K. Hajduk, *Zarzadzanie technologiami*, op. cit., s. 242.

mają stanowić środek do poprawy innowacyjności i konkurencyjności gospodarki kraju. Środki te zazwyczaj stanowią również zachętę do tworzenia konsorcjów[16].

Projekty współfinansowane z funduszy strukturalnych Unii Europejskiej w decydowany sposób podnoszą rentowność współpracy nauki z biznesem.

3.2. Aspekty edukacyjne

Realizacja projektu konsorcjum naukowo – przemysłowego wpływa niezaprzeczalnie na zwiększenie potencjału naukowego i dydaktycznego uczelni. Udział nauczycieli akademickich w pracach B+R podnosi ich kompetencje w danej dziedzinie wpływa to na poprawę jakości prowadzonych przez nich zajęć dydaktycznych. Potencjał ten powinien być w odpowiedni sposób wykorzystany, bowiem stanowi szansę na dynamiczny rozwój uczelni i jednocześnie może pozwolić na ograniczenie problemów i barier, z jakimi spotykają się obecnie wszystkie szkoły wyższe w Polsce. Rozwój pracowników dydaktycznych poprzez udział w stażach przemysłowych pozwalają na aktualizację umiejętności praktycznych i doświadczenia zawodowego, przydatnych w badaniach naukowych i dydaktyce w powiązaniu z wykorzystaniem dostępnej infrastruktury. Bliska współpraca uczelni z przedstawicielami biznesu umożliwia również identyfikację zapotrzebowania oraz oczekiwań wobec specjalistów w danych dziedzinach. Prowadzi to do tworzenia nowych specjalności na istniejących kierunkach studiów lub nowych kierunków studiów.

Zakończenie

Konsorcja naukowo – przemysłowe mają swoje mocne i słabe strony. Jeżeli mocne strony zostały w sposób dostateczny zaprezentowane w niniejszym artykule to na zakończenie należy skupić się na słabych stronach do których należą przede wszystkim problemy natury prawnej, dotyczące praw i obowiązków członków konsorcjum. Innym z najczęstszych tematów jest własność intelektualna i podział praw do niej. W momencie gdy konsorcja zawiązywane są tylko na rzecz realizacji projektów B+R, czasami wymogi podziału praw własności intelektualnej są zawarte w regulaminie danego konkursu do którego aplikują beneficjenci. Trudność również może stanowić wycena własności intelektualnej.

Jak wiadomo podstawą działania konsorcjum jest umowa konsorcjum. Powstanie takiej szerokiej umowy bywa bardzo czasochłonne nawet w sytuacji kiedy mamy do czynienia z profesjonalistami. Negocjowanie warunków współpracy między parterami, a w zasadzie pomiędzy prawnikami oby stron bywa złożone. Z kolei bez sformalizowanej umowy konsorcjum nie można aplikować o współfinansowanie projektu z funduszy europejskich, więc sprawa się komplikuje. Jeśli ktoś planuje aplikować o środki finansowe z UE jako konsorcjum, to należy zaplanować czas na powstanie umowy konsorcjum. Należy pamiętać, że terminy na aplikowanie o fundusze z UE są terminami zawitymi, nieprzekraczalnymi.

LITERATURA

1. J. Rubin, W. Grabowski, M. Naumiuk, ZWINNOLOGIA Innowacyjne podejście do zarządzania zmianą, MT Biznes, Warszawa 2019, s. 263.
2. J. P. Deschamps, *Liderzy innowacyjności, Jak rozwijać i utrzymywać innowacyjność w firmie*, Wolters Kluwer Polska SA, Warszawa – 2011, s. 155 i następne
3. Raport „*Działalność badawczo-rozwojowa przedsiębiorstw w Polsce Perspektywa 2020", KPMG w Polsce, kpmg.pl*

[16] J. Kisielnicki, *Zarządzanie projektami badawczo – rozwojowymi*, Wolters Kluwer Polska SA, Warszawa 2013, s. 121.

4. Dane GUS – stat.gov.pl
5. W.M. Grudzewski, I.K. Hajduk, *Zarzadzanie technologiami. Zaawansowane technologie i wyzwanie ich komercjalizacji*, Dyfin, Warszawa 2008, s. 17 i następne
6. P. Borkowski, *Metody obiektywizacji oceny ryzyka w inwestycjach infrastrukturalnym w transporcie,* Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2013, s. 60 i następne
7. J. Fazlagić*, Innowacyjne zarządzanie wiedzą*, Difin, Warszawa 2014, s. 26 i następne
8. J. Kaufman, *Indywidualny Program MBA Rozwiń praktyczne umiejętności biznesowe,* MT Biznes, Warszawa 2021, s. 70.
9. W.M. Grudzewski, I.K. Hajduk, *Zarzadzanie technologiami,* op. cit., s. 242.
10. J. Kisielnicki, *Zarządzanie projektami badawczo – rozwojowymi*, Wolters Kluwer Polska SA, Warszawa 2013, s. 121.

STUDY OF METHODS FOR CALCULATING THE HERMETICITY PARAMETERS OF COUPLED SURFACES OF LUBRICATION-FREE PISTON SEALS

Tymoshchuk O.[1], Polishchuk I.[1], Artemenko M.[2], Yevtushenko V.[2]
[1] Khmelnytskyi National University, Ukraine
[2] Kherson National Technical University, Ukraine

Abstract. Based on the theory of stochastic fields, methods for calculating the tightness parameters of lubrication-free piston seals have been developed for the implementation of engineering calculation methods intended for the field of mechanical engineering. The result is the creation of engineering methods for calculating the tightness of lubrication-free piston metal-polymer seals. The article considers the elastic contact of a highly anisotropic rough surface (polymer surface) with a smooth (metal surface). The task consists in the development and research of engineering methods for calculating the main characteristics of the tightness of lubrication-free piston seals - the density of the inflow channels and the equivalent diameter of the channels in the conjugation zone of metal-polymer seals, as well as to conduct an analysis of the accuracy of the developed methods.
The gas flow regime in the seal is determined by the Knudsen criterion. Based on the formula of the effective level of deformation for a given value of the complex of contact conditions of piston seals, the relationship between the density of the inflow channels and the complex of contact conditions K was established by the Kanal program. The maximum number of channels is reached at K = 0.6315. An exact formula for determining the density of inflow channels is derived. Calculated by the formula of exact and calculated density of inflow channels differ by no more than 0.0045. Exact formulas of equivalent diameters are derived. The values calculated according to the exact and calculated formulas of the reduced equivalent diameter differ by no more than 9%.
Keywords: Tightness of piston seals; conjugated contacting surfaces;; normal stochastic process; combined equivalent diameter.

Research results

Based on the theory of stochastic fields, methods were developed for calculating the tightness characteristics of lubrication-free piston seals for practical calculation methods intended for the field of mechanical engineering [1]. It was necessary to research improved methods of calculating the main parameters of the tightness of lubrication-free piston seals of machines - the density of the channels and the effective diameter of the channels in the zone of contact conjugation of metal-polymer seals.

The density of the heights of the depressions $\varphi(\varepsilon)$ and the density of the heights of the peaks $p(\varepsilon)$ are related by the following ratio:

$$\varphi(\varepsilon) = p(-\varepsilon) \ . \tag{1}$$

Based on the previous one, we have:

$$\varphi(\varepsilon) = \frac{\delta}{\sqrt{2\pi}} \left\{ \exp\left(-\frac{\varepsilon^2}{2\delta^2} \right) - \sqrt{\pi}\chi\varepsilon \exp\left(-\frac{\varepsilon^2}{2} \right) \left[1 - erf(\chi\varepsilon) \right] \right\} \ . \tag{2}$$

The density of the channels δ_k can be calculated as the difference between the density δ' of the surface protrusions that come into contact and the density δ'' of the depressions that are located above the average level u:

$$\delta_k = \delta' - \delta'' \ . \tag{3}$$

Let us denote D - the density of the surface protrusions. Then the value δ' is determined by the formula:

$$\delta' = D\int_u^\infty p(\varepsilon)d\varepsilon \quad . \tag{4}$$

Due to the statistical symmetry of the rough surface with respect to its mean plane, the density of surface depressions is equal to the density of protrusions. Taking this into account, we have:

$$\delta'' = D\int_u^\infty \varphi(\varepsilon)d\varepsilon \quad . \tag{5}$$

Substituting (4) and (5) into (3), we get:

$$\delta_k = D\left[\int_u^\infty p(\varepsilon)d\varepsilon - \int_u^\infty \varphi(\varepsilon)d\varepsilon\right] \quad . \tag{6}$$

Let's transform the expression in parentheses, taking into account the formula for the probability density of the heights of the profile protrusions and formula (2):

$$\frac{\sqrt{2\pi}}{\delta}\int_u^\infty p(\varepsilon)d\varepsilon = \int_u^\infty \exp\left(-\frac{\varepsilon^2}{2\delta^2}\right)d\varepsilon + \sqrt{\pi}\chi\int_u^\infty \varepsilon\,\exp\left(-\frac{\varepsilon^2}{2}\right)d\varepsilon + \\ + \sqrt{\pi}\chi\int_u^\infty \varepsilon\,\exp\left(-\frac{\varepsilon^2}{2}\right)\mathrm{erf}\,(\chi\varepsilon)\,d\varepsilon \quad . \tag{7}$$

$$\frac{\sqrt{2\pi}}{\delta}\int_u^\infty \phi(\varepsilon)d\varepsilon = \int_u^\infty \exp\left(-\frac{\varepsilon^2}{2\delta^2}\right)d\varepsilon - \sqrt{\pi}\chi\int_u^\infty \varepsilon\,\exp\left(-\frac{\varepsilon^2}{2}\right)d\varepsilon + \\ + \sqrt{\pi}\chi\int_u^\infty \varepsilon\,\exp\left(-\frac{\varepsilon^2}{2}\right)\mathrm{erf}\,(\chi\varepsilon)\,d\varepsilon \quad . \tag{8}$$

Substitute (7) and (8) into (6):

$$\delta_k = \sqrt{2}D\delta\chi\int_u^\infty \varepsilon\exp\left(-\frac{\varepsilon^2}{2}\right)d\varepsilon \quad . \tag{9}$$

We integrate:

$$\int_u^\infty \varepsilon\exp\left(-\frac{\varepsilon^2}{2}\right)d\varepsilon = \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) \quad . \tag{10}$$

Taking into account the formula of the bandwidth parameter α - the dimensionless quantity determined by the formula [2]:

$$\alpha = m_0 m_4 / m_2^2 \quad ,$$

formulas for the density of peaks of a rough surface D:

$$D = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m_4}{m_2}} \, ,$$

and notations to the formula of the probability density of the heights of the profile protrusions, let's convert the multiplier of the formula (9):

$$\sqrt{2}\,\delta\chi = \left(\frac{m_2^2}{m_0 m_4}\right)^{1/2} \quad ;$$

$$\sqrt{2}\,D\delta\chi = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{m_2}{m_0}\right)^{1/2} . \quad (11)$$

Substituting (10) and (11) into (9), we have the formula:

$$\delta_k = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{m_2}{m_0}\right)^{1/2} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) . \quad (12)$$

Based on the formula of the effective level of deformation of the conjugate contact for a given value of the set of contact conditions:

$$1 - \exp(-K) - \frac{1}{2} erfc\left(\frac{u}{\sqrt{2}}\right) = 0 \quad (13)$$

and formula (12) with the help of the original Kanal program [1], the relationship between the density of the inflow (leakage) channels and the set of contact conditions of the piston seals of the machines was calculated. The obtained results are presented in fig. 1.

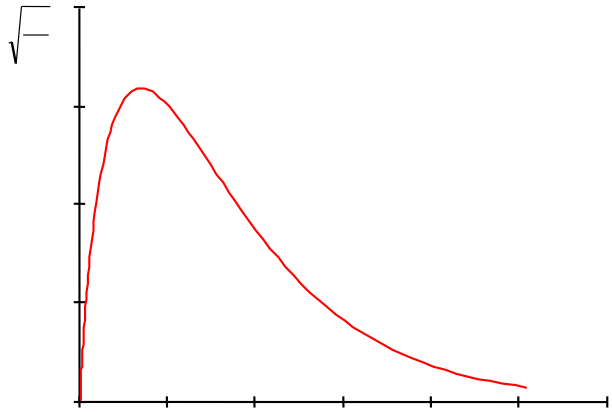


Fig. 1. Dependence of the density of the inflow channels on the set of contact conditions of the piston seals

The maximum number of inflow channels is reached at K = 0.69315 and is

$$\delta_{k,\,\max} = 0{,}15915\left(\frac{m_2}{m_0}\right)^{1/2} . \quad (14)$$

The dependence presented in fig. 1 was approximated by the formula:

$$\delta_k = 0{,}787\left(\frac{m_2}{m_0}\right)^{1/2} K^{0{,}733} \exp\left[-(K + 0{,}633)^{1{,}028}\right] \quad (15)$$

Formula (15) was obtained as a result of calculations using the original program Appr_K [1].

The average length $\bar{\lambda}$ of the free path of a working gas molecule is calculated by the formula:

$$\bar{\lambda} = \frac{kT}{\pi\sqrt{2}\,d_m^{\,2}\,p_{\text{cp}}}, \quad (16)$$

where k – Boltzmann's physical constant;

T – absolute gas temperature;

d_m – effective diameter of a gas molecule;

$p_{ср}$ – average gas pressure in the seal.

To calculate the equivalent diameters of the channels, the concept of the effective hydraulic diameter, which is determined by the formula, is well used:

$$d_h = \frac{4F}{P} \quad ,$$

where F, P - respectively, the area and perimeter of the channel.

Consider, for example, a slit channel of an elliptical shape, which has a height $2b$ and a width $2a$ of . The area of the channel becomes

$$F = \pi ab \quad ,$$

and the perimeter:

$$S = 4aE(\varepsilon) \quad ,$$

where

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} \quad ;$$

$E(...)$ – the complete normal elliptic Legendre integral of the second kind.

Because $b << a$, then $\varepsilon \to 1$, respectively $E(\varepsilon) \to 1$. As a result, we get:

$$d_h = \pi b \quad ,$$

therefore, the effective hydraulic diameter does not depend on the width of the slit channel.

When determining the effective diameter of the channel, both its area and perimeter should be taken into account. And since the channel has an irregular shape, the equivalent diameter values found based on the area will differ from the values found based on the perimeter.

The average channel area F can be found by dividing the specific intercontact volume V by the channel density δ_k:

$$F = \frac{V}{\delta_k} \quad . \tag{17}$$

Let us denote d_F - the effective diameter of the channel, found on the basis of its area. Based on the circular shape of the channel, we get:

$$d_F = 2\sqrt{\frac{F}{\pi}} \quad . \tag{18}$$

Substituting formulas (17, 12) and the formula of the intercontact volume into (18), we obtain:

$$d_F = \frac{2m_0^{1/2}}{m_2^{1/4}} \sqrt{\left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2} + u \exp\left(\frac{u^2}{2}\right) \operatorname{erfc}\left(-\frac{u}{\sqrt{2}}\right)} \quad , \tag{19}$$

or

$$\frac{d_F m_2^{1/4}}{m_0^{1/2}} = 2\sqrt{\left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2} + u \exp\left(\frac{u^2}{2}\right) \operatorname{erfc}\left(-\frac{u}{\sqrt{2}}\right)} \quad . \tag{20}$$

Based on formulas (13) and (20) using the original program Durchmesser [1], the relationship between the effective diameter d_F and the set of contact conditions was calculated. The obtained results are presented in fig. 2.

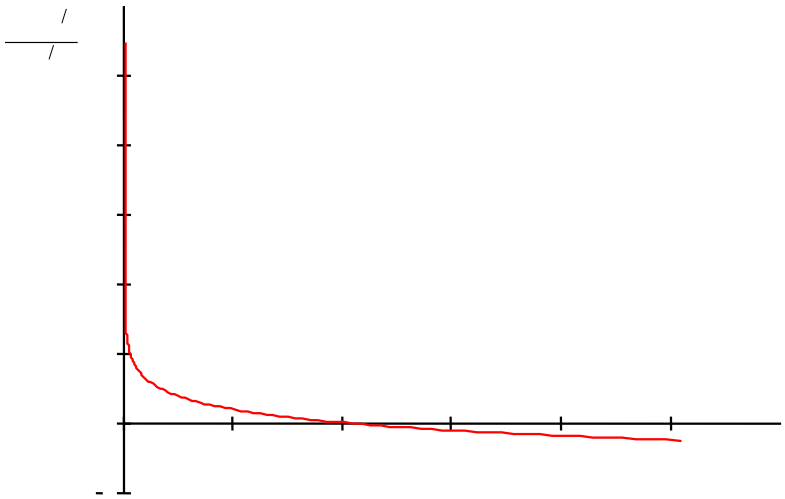


Fig. 2. Dependence of the effective diameter d_F of the channel on the set of contact conditions of the piston seals

The dependence shown in fig. 2, was represented by the formula:

$$\frac{d_F m_2^{1/4}}{m_0^{1/2}} = \begin{cases} \left(1+\frac{1{,}328}{K^{1{,}08}}\right)^{0{,}545}, & (K \le 1); \\ 2{,}524\exp\left(-0{,}615K^{0{,}538}\right), & (K > 1) \end{cases} . \tag{21}$$

Formula (21) was obtained based on the results of the original programs Appr_dF_1, Appr_dF_2 [1]. The formula qualitatively characterizes the effective diameter d_F when the load increases:

$$\lim_{\sigma_n \to 0} d_F = \infty; \quad \lim_{\sigma_n \to \infty} d_F = 0.$$

The channel perimeter P is determined by dividing the specific surface area of the joint washed by the working medium S_K by the channel density δ_k:

$$P = \frac{S_K}{\delta_k} . \tag{22}$$

Let us denote d_P – the effective diameter of the inflow channel, found on the basis of its perimeter:

$$d_P = \frac{P}{\pi} . \tag{23}$$

Substituting formulas (22,12) into (23), we get:

$$d_P = \left(\frac{m_0}{m_2}\right)^{1/2} (1+S)\exp\left(\frac{u^2}{2}\right)\operatorname{erfc}\left(-\frac{u}{\sqrt{2}}\right) , \tag{24}$$

or

$$\frac{d_P}{1+S}\left(\frac{m_2}{m_0}\right)^{1/2} = \exp\left(\frac{u^2}{2}\right)\operatorname{erfc}\left(-\frac{u}{\sqrt{2}}\right) . \tag{25}$$

Based on formulas (13) and (25) using the Durchmesser program [1], the relationship between the effective diameter d_P and the set of contact conditions was calculated. The obtained results are presented in fig. 3.

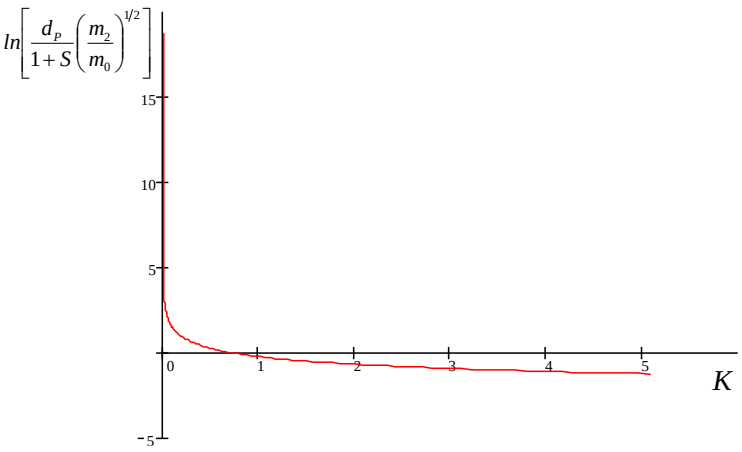


Fig. 3 Dependence of the effective diameter d_P of the channel on the set of contact conditions of the piston seals

The dependence presented in fig. 3, was approximated by the formula:

$$\frac{d_P}{1+S}\left(\frac{m_2}{m_0}\right)^{1/2} = \begin{cases} \left(1+\dfrac{0{,}321}{K^{1{,}09}}\right)^{0{,}886}, & (K \le 0{,}3); \\ 2{,}992\exp\left(-1{,}353K^{0{,}703}\right), & (0{,}3 < K \le 1{,}3); \\ 1{,}134\exp\left(-0{,}521K^{0{,}636}\right), & (K > 1{,}3) \end{cases} . \quad (26)$$

Formula (26) was obtained as a result of calculations using the original programs Appr_dP_1, Appr_dP_2, Appr_dP_3 [1]. It qualitatively correctly describes the behavior of the effective diameter d_P when the nominal load changes, since it follows that:

$$\lim_{\sigma_n \to 0} d_P = \infty; \quad \lim_{\sigma_n \to \infty} d_P = 0.$$

Since the values d_F and d_P differ due to the irregular geometric shape of the channel, the average value can be taken as the effective diameter of the channel $d_{екв}$:

$$d_{екв} = \left(d_F + d_P\right)/2 \quad . \quad (27)$$

Since the specified and calculated values almost practically coincide, in order to estimate the error, Fig. 4 shows the dependence of the difference between the specified and calculated channel density values (it is marked as δ) on the set of contact conditions.

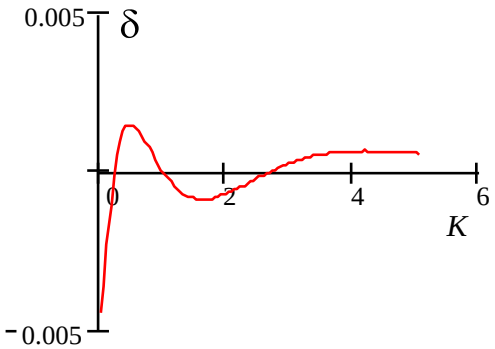


Fig. 4. Estimation of the error that occurs during the analysis of the accuracy of the calculation of the density of the contact channels of piston seals

Conclusion

An exact formula is derived for determining the density of channels

$$\delta_k = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{m_2}{m_0}\right)^{1/2} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right),$$

where m_0, m_2 – spectral moments;

u – effective level of deformation.

Based on the exact formula, the calculation formula was obtained:

$$\delta_k = 0{,}787\left(\frac{m_2}{m_0}\right)^{1/2} K^{0{,}733} \exp\left[-(K+0{,}633)^{1{,}028}\right].$$

The values calculated by the exact and estimated channel density formulas differ by no more than 0.0045.

The dependence of the density of inflow channels on the set of contact conditions is extreme. The maximum number of channels is reached at $K = 0.69315$.

$$K = \frac{1{,}83\sigma_n}{E\,q}$$

To calculate the equivalent diameter, the following formula is proposed:

$$d_{\text{екв}} = (d_F + d_P)/2,$$

where d_F, d_P – effective diameters of the inflow channel, respectively, found on the basis of its perimeter area.

Exact formulas of effective diameters are derived d_F, d_P:

$$d_F = \frac{2m_0^{1/2}}{m_2^{1/4}}\sqrt{\left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2} + u\exp\left(\frac{u^2}{2}\right)\operatorname{erfc}\left(-\frac{u}{\sqrt{2}}\right)};$$

$$d_P = \left(\frac{m_0}{m_2}\right)^{1/2}(1+S)\exp\left(\frac{u^2}{2}\right)\operatorname{erfc}\left(-\frac{u}{\sqrt{2}}\right),$$

where m_0, m_2, m_4 – spectral moments.

The dependence of the effective diameters d_F, d_P on the set of contact conditions of the piston seals was studied.

Calculation formulas are obtained on the basis of exact formulas:

$$\frac{d_F m_2^{1/4}}{m_0^{1/2}} = \begin{cases} \left(1+\dfrac{1{,}328}{K^{1{,}08}}\right)^{0{,}545}, & (K \le 1); \\ 2{,}524\exp\left(-0{,}615K^{0{,}538}\right), & (K > 1) \end{cases};$$

$$\frac{d_P}{1+S}\left(\frac{m_2}{m_0}\right)^{1/2} = \begin{cases} \left(1+\dfrac{0{,}321}{K^{1{,}09}}\right)^{0{,}886}, & (K \le 0{,}3); \\ 2{,}992\exp\left(-1{,}353K^{0{,}703}\right), & (0{,}3 < K \le 1{,}3); \\ 1{,}134\exp\left(-0{,}521K^{0{,}636}\right), & (K > 1{,}3) \end{cases}.$$

Values calculated according to the exact and calculation formula of the combined equivalent diameter $d_F m_2^{1/4} / m_0^{1/2}$ differ by no more than 8%, for the combined equivalent diameter $d_P (m_2/m_0)^{1/2} / (1+S)$ the difference does not exceed 9%.

References

1. Timoshchuk O.G.(2003) Development of methods for calculation and experimental study of the tightness of non-lubricating cylinder-piston seals. Diss. Cand. Eng. Sc.: 05.02.02, Khmelnytsky.
2. Husu A.P., Wittenberg Ju.R., Palmov V.A. (1975) Surface roughness / theoretical-probabilistic approach. M. Nauka. – 365s.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЗМІЦНЕННЯ ДИСКОВИХ ПИЛОК, ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ СТАЛІ 9ХФ, ІОННО-ПЛАЗМОВИМ АЗОТУВАННЯМ

Урбанюк Є.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. Для підвищення зносостійкості і корозійної стійкості деталей машин та інструменту з легованих інструментальних сталей ефективно використовують іонно-плазмове азотування в безводневому середовищі. Підвищення зносостійкості дискових пилок досягається нанесенням по периферії диска азотованої зони з відповідними характеристиками. На властивості зміцненого шару після іонного азотування одночасно впливають чотири основних технологічних фактори процесу: температура стадії насичення t^o, тиск в камері p, тривалість дифузійного насичення T і вміст аргону в складі насичувального середовища $\%Ar_2$. Для дослідження їх комплексного впливу був застосований багатофакторний експеримент.
Для оцінки зміни властивостей зміцненого шару в порівнянні із властивостями основного матеріалу був використаний мікроструктурний аналіз. Результати досліджень мікроструктури азотованого шару сталі 9ХФ показують, що структура поверхневого шару залежить від комбінації рівнів технологічних факторів. Виявилось, що, змінюючи режим азотування, можна отримати дифузійний шар на базі високоазотистого твердого розчину заліза (α-твердого розчину α-$Fe_{[N]}$), шар із монофазовим нітридним покриттям (γ' або ε) над зоною внутрішнього азотування або із нітридним покриттям двофазової (γ' і ε) пошарової чи змішаної будови.
Відомо, що іонне азотування сталей приводить до зростання модуля пружності поверхневого шару та зниження його пластичних характеристик, які суттєво залежать від режиму іонного азотування. Для їх кількісної оцінки був використаний фрактографічний аналіз поверхневого шару зразка з нанесеним азотованим шаром після його випробувань на розривній машині, що дозволило опосередковано оцінити ступінь зниження пластичності зміцненого азотуванням поверхневого шару шляхом аналізу характеру утворення і розвитку тріщин в поверхневому шарі при розтягуванні зразка.
Попередні дослідження характеру зношування зубців дискових пилок із сталі 9ХФ, зміцнених іонним азотуванням в безводневих середовищах, виявили істотний вплив крихкості різальної частини зубця пилки на її працездатність в межах періоду до переточування, що, у свою чергу, теж залежить від вибраного режиму азотування.
Був проведений також аналіз залишкових напружень, що негативно впливають на працездатність дисків круглих пилок, із розробленням рекомендацій щодо вибору режимів іонного азотування для їх зменшення.
На основі отриманих результатів досліджень встановлено, що для дискових пилок із сталі 9ХФ оптимальними є наступні інтервали зміни режимних факторів процесу іонного азотування: температура стадії насичення t^o=520...560ºС, тиск в робочій камері p= 200...320Па, тривалість стадії азотування T= 150...210хв. та вміст аргону в газовій суміші $\%Ar_2$=20...50%. Проведені виробничі випробування зміцнених іонним азотуванням дискових пилок підтвердили, що застосування до них даної зміцнювальної технології призводить до збільшення періоду роботи пилок між переточуваннями в 3…5 разів без істотного впливу на стабільність роботи диска пилки і зниження показників якості виробів.
Ключові слова: іонне азотування, дискова пилка, зносостійкість, працездатність.

Вступ

Різальний інструмент працює в умовах впливу високих контактних напружень і температур за активного протікання фізико-хімічних процесів. Контактні напруги, що діють на передню та задню поверхні різальної частини інструменту можуть досягати значень від 700 до 1000 МПа і вище. Діапазон температур, що виникають в зоні різання складає від 200 до 1100ºС. В таких умовах контактні зони інструменту в умовах

абразивної дії матеріалу, адгезійно-втомних, корозійно-окислювальних і дифузійних процесів інтенсивно зношуються. Працездатність різального інструменту може бути підвищена за рахунок зміни поверхневих властивостей інструментального матеріалу, коли контактні зони інструменту будуть ефективно опиратися перерахованим вище видам зношування. Окрім того інструментальний матеріал одночасно має мати достатній запас міцності на згинання та стискання, а також дії знакозмінних напружень та ударних імпульсів. Перераховані вище властивості, як правило, є взаємно суперечливими, тому створення інструментального матеріалу, якому був би притаманний ідеальний комплекс вказаних властивостей, є проблемним. Але такий комплекс властивостей зі збереженням вихідних властивостей в основному об'ємі інструментального матеріалу дозволяє отримати нанесення різноманітних покриттів.

Основна частина

Серед гами хіміко-термічних методів зміцнення легованих інструментальних сталей для підвищення зносостійкості і корозійної стійкості деталей машин та інструменту ефективно використовують іонно-плазмове азотування в безводневому середовищі [1]. Насичення поверхневого шару металу іонізованим азотом з утворенням при цьому нітридів заліза та інших легувальних елементів забезпечує значне збільшення його поверхневої мікротвердості, зносостійкості та корозійної стійкості, що є важливим для підвищення зносостійкості різальної частини зубців деревообробних дискових пилок, які працюють в умовах дії як абразивного, так і хімічно агресивного середовища. Підвищення зносостійкості дискових пилок, що використовуються в лісопильному, деревообробному, меблевому виробництвах і на підприємствах побутового обслуговування, досягається нанесенням по периферії диска азотованої зони з відповідними характеристиками.

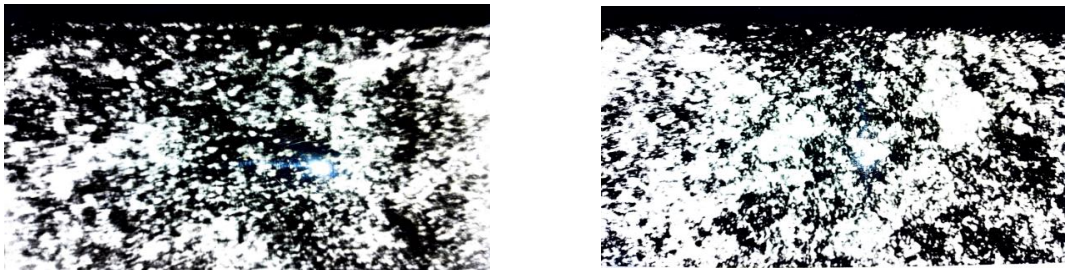
Для забезпечення працездатності дискових пилок важливими є як поверхнева мікротвердість різальних крайок його зубців, що визначає їх зносостійкість, так і пластичність зміцненої зони периферії диска, яка впливає на динамічні характеристики диска пилки при роботі, в тому числі стійкість його плоскої форми. Так як ці характеристики є конкурентними, то важливо досягти їх збалансованості.

На властивості зміцненого шару після іонного азотування одночасно впливають чотири основних технологічних фактори процесу: температура стадії насичення t^o, тиск в камері p, тривалість дифузійного насичення T і вміст аргону в складі насичувального середовища $\%Ar_2$. Для дослідження їх комплексного впливу був застосований багатофакторний експеримент [2].

Для оцінки зміни властивостей зміцненого шару в порівнянні із властивостями основного матеріалу був використаний мікроструктурний аналіз. Металографічні дослідження проводились при 500-кратному збільшенні; кут розкриття світлового пучка (апертура) - 0,65; фокус - 6,16; окуляр - 15. Хімічний склад сталі 9ХФ у вихідному стані наступний: 0,8…0,9% C; 0,3…0,6% Mn; 0,15…0,35% Si; 0,4…0,7 Cr; 0,15…0,3% V. Вихідна її мікроструктура містить троостит або троостосорбіт твердістю HRC 40…46 одиниць. Результати досліджень мікроструктури азотованого шару сталі 9ХФ вказують, що структура поверхневого шару залежить від комбінації рівнів технологічних параметрів. Виявилось, що, змінюючи режим азотування, можна отримати дифузійний шар на базі високоазотистого твердого розчину заліза (α-твердого розчину α-$Fe_{[N]}$), шар із монофазовим нітридним покриттям (γ' або ε) над зоною внутрішнього азотування або із нітридним покриттям двофазової (γ' і ε) пошарової чи змішаної будови.

Після іонного азотування в безводневому середовищі мікроструктура зміцненого поверхневого шару на сталі 9ХФ має різного ступеню вираженості нітридний шар, зону

внутрішнього азотування та перехідну зону. Фотовідбитки мікрошліфів для зразків, азотованих на різних режимах, представлені на рис. 1. Із них видно, що на поверхні азотованих зразків утворився карбонітридний шар товщиною 3…18мкм. Під карбонітридним шаром розташована основна зона (зона темного травлення), яка складається із *α*-твердого розчину, а також нітридних і карбідних фаз. На представлених фотовідбитках чітко видно, що шар *ε*-фази складає 3…5 мкм. Укрупнених приграничних карбідів не спостерігається. Характерно, що нітридна зона всіх складів не має пор. Дифузійна зона відрізняється однорідністю та відсутністю слідів місцевого перегрівання. Карбідів, що виділились у вигляді сітки, теж не виявлено. Характер мікроструктури для зразків, оброблених при інших режимах, відрізнявся лише співвідношенями вказаних вище фаз в поверхневому азотованому шарі.

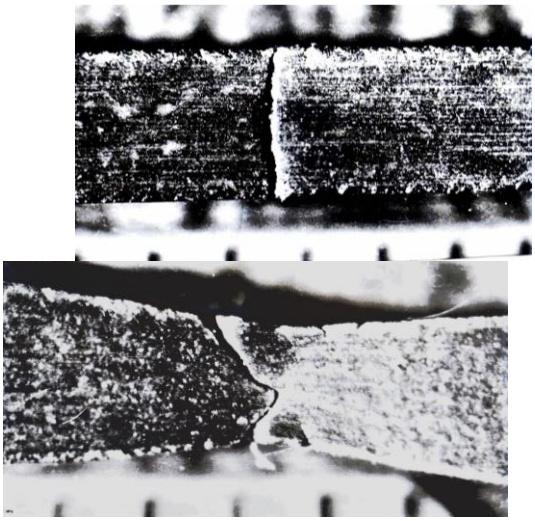


а) *б*)

Рисунок 1 - Мікроструктура азотованого шару, отриманого за різних режимів: а) t^o =570^o, p=160Па, T=75хв., 57% Ar_2; б) t^o = 570^o, p=320Па, T=75хв.,19% Ar_2

При проведенні лабораторних досліджень використовувались підготовлені зразки із сталі марки 9ХФ, які підлягали азотуванню на різних режимах і досліджувались також на розривній машині та машині тертя. Відомо, що іонне азотування сталей приводить до зростання модуля пружності поверхневого шару та зниження його пластичних характеристик. В ході досліджень виявилось, що ступінь зниження пластичних характеристик суттєво залежить від режиму іонного азотування, а для його кількісної оцінки може бути використаний фрактографічний аналіз поверхневого шару зразка з нанесеним азотованим шаром після його випробувань на розривній машині. Тому паралельно проводились фрактографічні дослідження зразків після їх руйнування на розривній машині, що дозволило опосередковано оцінити ступінь зниження пластичності зміцненого азотуванням поверхневого шару шляхом аналізу характеру утворення і розвитку тріщин в поверхневому шарі при розтягуванні зразка. При цьому можна виділити три основні види його деформації і руйнування: а) при значних деформаціях з утворенням вираженої шийки; б) при значних деформаціях без вираженої шийки; в) руйнування при невеликих деформаціях без вираженої шийки. Відповідно до виду деформації зразка при руйнуванні змінюється картина розташування мікротріщин в поверхневому шарі. Опосередкована кількісна оцінка пластичності поверхневого азотованого шару проводилась фіксуванням кроку розташування основних і фонових мікротріщин, а також глибини їх розповсюдження (див. рис. 2). Фотовідбитки для характерних випадків представлені на рис. 2. На рис. 2, *а* показаний випадок руйнування азотованого зразка без утворення вираженої шийки, що характеризує надмірне підвищення крихкості азотованого шару. Очевидно, що такі режими іонного азотування для зміцнення дискових пилок із інструментальної сталі є неприйнятними. З іншого боку, картина руйнування зразка із нанесеним азотованим шаром з утворенням шийки при наявності системи тріщин з невеликим кроком і малими геометричними розмірами (див. рис. 2, *б*) свідчить про значно вищі значення характеристик пластичності зміцненого шару.

Результати фрактографічних досліджень порівнювались із значеннями основних показників пластичності зразків з нанесеним азотованим шаром такими як відносне видовження зразка δ і відносне звуження поперечного перерізу його шийки ψ. Виявлено, що результати фрактографічних досліджень добре узгоджуються із результатами контролю параметрів δ і ψ практично для усіх режимів іонного азотування.



а) *б*)

Рисунок 2 - Характер руйнування зразків із азотованим шаром, нанесеним за режимів:
а) азотування при t^o =600°, p=240Па, T=130хв., 38% Ar_2;
б) азотування при t^o =540°, p=240Па, T=240хв., 38% Ar_2

Попередні дослідження характеру зношування дискових пилок із сталі 9ХФ, зміцнених іонним азотуванням в безводневих середовищах, виявили істотний вплив крихкості різальної частини зубця пилки на її працездатність в межах періоду до переточування, що, у свою чергу, залежить від вибраного режиму азотування. На рис. 3 наочно видно, що сколювання вершини зубця відбулося внаслідок дії ударного навантаження при різанні, а причиною цьому якраз є надмірна крихкість зміцненого шару, яка визначається саме режимом азотування.



а) *б)*

Рисунок 3 - Характер зношування вершини зубця пилки після іонного азотування:
а) рівномірне зношування; б) сколювання вершини зубця

Отже, окрихчування елементів різальної частини зубців, особливо в зоні вершини тригранного кута зубця пилки, є явищем негативним, але подальші дослідження показали, що зменшення тривалості процесу азотування сприяє збільшенню пластичності поверхневого шару і дозволяє уникнути окрихчування зміцненого шару.

Зубцям пилок із сталі 9ХФ, оброблених іонним азотуванням при режимах з концентрацією аргону до 30% і тривалістю процесу азотування до T = 180 хв., у значно меншій мірі властиві викришування елементів різальної частини, а їх зносостійкість і характер зношування при цьому в порівнянні з іншими режимами суттєво не змінюється.

Досвід експлуатації круглих пилок свідчить, що їх працездатність у значній мірі залежить від стійкості плоскої форми їх дисків в роботі, яка залежить від багатьох чинників. На працездатність дисків круглих пилок істотно впливає їх напружений стан [3]. З досліджень [1] відомо, що при усіх режимах іонного азотування в поверхневому шарі металу виникають залишкові напруження стискання, на величину яких суттєво впливають параметри режиму іонного азотування. За результатами досліджень [3] встановлено, що діапазон їх значень в поверхневому шарі сталі 9ХФ становить 380…800 МПа. Виявлено, що окремі фактори режиму азотування на величину залишкових напружень впливають по різному. Так при зниженні температури стадії насичення з 600ºС до 480ºС величина залишкових напружень на поверхні зміцненого шару падає більш ніж на 200 МПа. Враховуючи той факт, що наявність напружень стискання по периферії диска пилки є небажаною, очевидно, що перевагу слід надавати режимам із нижньої частини інтервалу температур, який задовільняє з міркувань підвищення міцності та зносостійкості зубців пилок, і забезпечує їх достатню пластичність. Залежність величини залишкових напружень від складу насичувального середовища (%Ar_2) має екстремальний характер: максимальні значення спостерігались при вмісті 57%Ar_2 , а подальше зростання вмісту Ar_2 призводить до зниження залишкових напружень. Залежність величини залишкових напружень від розрідження (тиску) в камері теж має екстремальний характер. Максимум їх значення відповідає тиску в камері 240Па. Характерно, що саме цьому значенню параметра режиму p відповідають найкращі характеристики міцності і пластичності зразків з нанесеним азотованим шаром при їх розтягуванні.

Висновки

На основі отриманих результатів досліджень встановлено, що для дискових пилок із сталі 9ХФ оптимальними є наступні інтервали зміни режимних факторів процесу іонного азотування: температура стадії насичення t^o=520...560ºС, тиск в робочій камері p= 200...320Па, тривалість стадії азотування T= 150...210 хв. та вміст аргону в газовій суміші %Ar_2=20...50%. Проведені виробничі випробування зміцнених іонним азотуванням дискових пилок підтвердили, що застосування до них даної зміцнювальної технології призводить до збільшення періоду роботи пилок між переточуваннями в 3…5 разів без істотного впливу на стабільність роботи диска пилки, зниження показників якості виробів та енергетичних показників процесу розпилювання деревини.

Бібліографія

1. Каплун В.Г. Наукові основи технології зміцнення деталей машин та інструменту іонним азотуванням в безводневих середовищах / Дис. на здоб. вчен. ступеня докт. техн. наук. / Спец. 05.02.01 Матеріалознавство в машинобудуванні (промисловість). - Хмельницький, 1990. - 451 с.
2. Каплун В.Г., Семенюк Н.Ф., Паршенко А.В. Оптимізація технології іонного азотування в безводневих середовищах за параметрами міцності // Керування триботехнічними і міцнісними властивостями механічних систем: Зб. наук. пр. ХТІ - К: УМК ВО, 1990. - С. 184-190.

3. Каплун В.Г., Кузовков Є.Г., Урбанюк Є.А. Аналіз напружено-деформованого стану дискових пил після іонного азотування // Проблеми трибології (Problems of Tribology): Міжнародний науковий журнал. - Хмельницький, 1996. - №1. - С. 96-100.

DIGITAL-ІННОВАЦІЇ У СИСТЕМІ РЕКРУТИНГУ ПЕРСОНАЛУ ЗА СУЧАСНИХ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКОНОМІКИ

Ведерніков М. Д., Волянська-Савчук Л. В., Чернушкіна О. О., Зелена М. І.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. Сучасні тенденції засвідчують, що диджиталізація виступає більш буденністю, аніж трендом. Імплантація програмного забезпечення в сферу HR є необхідною в умовах дистанціювання під час воєнного стану. Реалізація процесів залучення та добору персоналу під час воєнного стану все більше переходить у дистанційний формат, який вимагає використання все більшої кількості цифрових технологій. Диджиталізація та віртуалізація процесів рекрутингу персоналу змінює сучасні вимоги до програмного забезпечення, яке використовується. В свою чергу це проявляється не лише у диджиталізації рекрутингу через впровадження нових HRM-систем, але й у цифровій трансформації процесів залучення та добору персоналу в цілому.
Сфера рекрутингу персоналу піддається суттєвому впливу, який проявляється у трансформації способів виконання щоденних операцій, тотальному використанні віддаленого добору, відмови від офісних приміщень та дистанційної адаптації персоналу. Рекрутинг персоналу під час воєнного стану відбувається дистанційно, що вимагає використання цифрових технологій. Диджиталізація та віртуалізація рекрутингу змінює вимоги до програмного забезпечення.
З'являються нові технологічні розробки, такі як біометрія, нанотехнології, інтернет-технології та штучний інтелект, які впливають на робочі місця в усіх сферах, а саме: використання штучного інтелекту та роботів, автоматизація процесів, використання агрегації, використання соціальних мереж, альтернативні способи залучення кандидатів, застосування HR-аналітики.
Аналізуючи та порівнюючи існуючі методи підбору персоналу та їхню ефективність, можна зробити висновок, що стандартні методи підбору персоналу, безумовно, працюють, але вони набагато більш трудомісткі та менш ефективні, ніж сучасні методи, що використовують цифрові можливості.
Розглядаючи програмне забезпечення з добору персоналу, компанії мають орієнтуватися на власні комплексні HR-потреби. Програмні продукти, що пропонують найкращі функціональні можливості для добору персоналу, можуть не відповідати потребам інших функціональних сфер. Тому дуже важливо, щоб компанії підходили до вибору цих програм із чітким розумінням цілей своєї HR-команди.
Ключові слова: digital-рекрутинг, digital-інструменти, диджиталізація, HR-технології, соціальні мережі, ATS-система.

Вступ

Сучасні тенденції свідчать, що цифрові технології стають невід'ємною частиною нашого щоденного життя, а не тільки трендом. Умови дистанційної роботи, які стали нормою під час воєнного стану, роблять імплементацію програмного забезпечення у сфері управління HR надзвичайно важливою. Реалізація процесів залучення та добору персоналу під час воєнного стану все більше переходить у дистанційний формат, який вимагає використання все більшої кількості цифрових технологій. Диджиталізація та віртуалізація процесів рекрутингу персоналу відображаються на вимогах до відповідного програмного забезпечення. В свою чергу це проявляється не лише у диджиталізації рекрутингу через впровадження нових HRM-систем, але й у цифровій трансформації процесів залучення та добору персоналу в цілому.

Сфера рекрутингу персоналу піддається суттєвому впливу, який проявляється у трансформації способів виконання щоденних операцій, повному використанні віддаленого набору, відмові від офісних приміщень та дистанційній адаптації персоналу. Рекрутинг персоналу під час воєнного стану відбувається дистанційно, що вимагає використання цифрових технологій. Диджиталізація та віртуалізація процесів рекрутингу змінюють вимоги до програмного забезпечення.

В свою чергу ера наукової меліорації та глобалізації потребує вибору доцільних підходів до впровадження сучасних технологій, які б збільшили продуктивність рекрутерів. Таким чином виявляється потреба в дослідженні цифрових технологій рекрутингу персоналу та можливостей їх імплементації в практику діяльності внутрішніх відділів добору персоналу та рекрутингових агентств, при якій будуть враховані всі сучасні аспекти та існуючі тренди.

Динаміка на ринку праці постійно змінюється, а очікування працівників спонукають до постійної еволюції. У міру того, як молоде покоління приєднується до робочої сили, з'являються нові технології, а важливість психічного здоров'я та балансу між роботою й особистим життям стає все більш вирішальною. Отже, компанії повинні пристосовуватися до цих змін, щоб залучати й утримувати найкращі таланти, залишатися конкурентоспроможними та продовжувати впроваджувати інновації.

Аналізуючи та порівнюючи існуючі методи рекрутингу та їх ефективність, можна зробити висновок, що стандартні методи рекрутингу дійсно є ефективними, але набагато більш трудомісткими та менш результативними, ніж сучасні методи, які використовують цифрові можливості. На жаль, дуже багато компаній і рекрутингових агентств не усвідомлюють широкого спектру можливостей використання новітніх технологій у підборі персоналу, що призводить до втрати часу і потенційної втрати хороших співробітників.

Оскільки тема можливостей цифрового бізнесу в сфері рекрутингу поки що недостатньо досліджена в Україні, особливо в порівнянні з іншими країнами, ми вважаємо, що розгляд цієї теми відзначає початок нового етапу в рекрутингу. Завдяки цифровим можливостям ми можемо знайти найкращих фахівців для побудови прогресивної країни. Вищезазначене підкреслює важливість та актуальність даної теми дослідження. Багато наукових праць, як в Україні, так і за кордоном, присвячено вивченню технологій пошуку та підбору персоналу, а також удосконаленню рекрутингових сервісів. Зокрема, особливий внесок зробили такі українські науковці, як А. В. Василик, А. М. Зленко, О. Д. Ісайкіна, О. В. Кир'янова, М. Б. Махсма, Ю. Ю. Омельченко, Г. І. Писаревська, Я. С. Сємєняк, О. В. Хитра тощо. Щодо зарубіжних науковців, на особливу увагу заслуговують праці Н. Наваза, А. М. Гомеса, Б. Рагавендра, Д. Саллівана і багатьох інших [1, с. 110].

У результаті аналізу наукового матеріалу можна стверджувати, що на сьогодні існує низка теоретичних напрацювань щодо формування сучасного понятійного апарату рекрутингу. Проте досі існують значні суперечки щодо визначення власне змісту поняття «рекрутинг». Якщо звернутися до тематичних словників, то рекрутинг визначається як сукупність новобранців [1, с. 117]. У таблиці 1 розглянемо підходи різних авторів до визначення поняття «рекрутинг».

Таблиця 1 - Підходи до визначення поняття «рекрутинг»

Автор	Визначення поняття «рекрутинг»	Основне ототожнення
Качан К.	«Двосторонній процес залучення і утримання персоналу»	Процес залучення та утримання
Лавріненко О.	«Це передбачає пошук і оцінку персоналу з різних організацій для виконання конкретних обов'язків».	Робота з пошуку та оцінювання персоналу
Божанова в., русінко м.	«Підбір кваліфікованих кадрів для сторонніх підприємств за винагороду»	Підбір кадрів
Іванов А.	«Підбір персоналу відповідно до формальних вимог замовника з урахуванням особистісних і ділових якостей, що здійснюється на основі баз даних кандидатів і реакції на прес-релізи»	Підбір персоналу

Пул М.	«Процес набору та первинного відбору (більш поглиблений процес відбору, який часто здійснюється організацією)».	Здійснення процедури залучення та підбору
Щокін Г.	«Підбір персоналу – бізнес-процес,який є основним з обов'язків hr-менеджерів або рекрутерів»	Бізнес-процес
Бакірова Г.	«Процес створення бази даних працівників з відповідною кваліфікацією для задоволення потреб організації в людських ресурсах»	Процес створення бази даних

Незважаючи на велику кількість робіт, що розкривають різні аспекти технологій пошуку та добору персоналу та досліджують питання рекрутингу з різних сторін, питання запровадження digital-технологій у рекрутинг персоналу залишається малодослідженим, адже зазвичай увага націлена на вже стандартні методи рекрутингу з частковою диджиталізацією.

Ринок рекрутингових послуг є досить новим і молодим сектором українських бізнес-послуг, але він швидко розвивається і має великі перспективи. Високий і стабільний попит на послуги з підбору персоналу підтверджує важливість цього сектору бізнес-послуг. Однак через такі фактори, як низький професійний рівень кадрових агентств, висока плинність кадрів і низька кваліфікація консультантів з підбору персоналу, якість послуг у цій галузі недостатньо висока.

Досить дискусійним є питання з'ясування змісту понять «рекрутинг» та «відбір» у кадровій сфері. Багато вчених ототожнюють ці поняття і розглядають їх як синоніми. Аналіз наукових публікацій дозволяє зробити висновок, що поняття «набір» і «відбір» не тільки різні за своєю сутністю, а й представляють собою різні етапи процесу найму. Отже, кандидатів спочатку набирають, потім відбирають, розміщують, адаптують і так далі. Далі необхідно з'ясувати сутність цих понять, а саме «наймання» та «відбір» людських ресурсів. Отже, аналізуючи поняття «відбір» та «рекрутинг» людських ресурсів, можна сказати, що існують суттєві відмінності в послідовності дій під час їх реалізації. Розглянемо відмінності між цими поняттями в таблиці 2 [2, с. 286].

Таблиця 2 - Порівняльний аналіз ключових дій підбору та відбору

Підбір персоналу	Відбір персоналу
Система доцільних дій з залучення кандидатів	Заходи та дії з виявлення відповідності кандидата
Процес відбору відповідних кандидатур	Процес раціонального вибору кандидата
Етап процесу заповнення вакансій	Процес вивчення якостей кандидата
Метод вибору кандидата	Процес оцінювання претендента
Створення резерву кандидатів	Виділення претендентів
Процедура створення резерву	Оцінювання якостей претендента
Визначення якостей претендента	Оцінювання кандидатів

Як видно з порівняльної таблиці, характер дії цих двох концепцій принципово різний. Тому ототожнювати ці поняття неправомірно, оскільки їхній зміст принципово відрізняється. Ці поняття є елементами етапу вербування. Тому рекрутер спочатку отримує замовлення від компанії-клієнта, потім аналізує ринок кадрів, готує список кандидатів, перевіряє кандидатів, набирає персонал за заявками, перевіряє кандидатів спеціальними методами, відбирає кандидатів і представляє їх клієнту [3, с. 315].

Таким чином, рекрутинг можна визначити як комунікативний бізнес-процес і доцільну систему дій для пошуку, дослідження, відбору, оцінки та створення групи кандидатів з метою використання здібностей і здібностей кандидатів для досягнення цілей організації (таблиця 3).

Таблиця 3 - Структурні конструкти поняття «рекрутинг» та визначення складових поняття «рекрутинг» як комунікативний бізнес-процес

Елемент структурного складу категорії	Визначення	Визначення, що розкривають сутність мотивації персоналу як функції управління.
Концептуальне ототожнення	Етапи процесу закриття вакансії. Створення пулу кандидатів. Створення бази даних	-
	Відповідні механізми дій для залучення кандидатів. Процеси залучення та утримання кандидатів. Раціональні процеси відбору кандидатів. Операції з підбору персоналу	система доцільних дій
	Характеристика. Процес дослідження кваліфікації кандидатів. Визначення якостей кандидатів	-
	Процес відбору відповідних кандидатів. Визначення відповідності кандидата вимогам. Визначення відповідності кандидата вимогам	-
	Оцінка кандидатів та вибір найбільш підходящого кандидата. Оцінка кваліфікації кандидатів та визначення підходящих кандидатів. Завдання оцінки персоналу	
	бізнес-процес	Бізнес-процес
Відмітна риса	Доцільні дії, раціональний вибір	Доцільні дії
Функція	Вивчення, відбір, оцінювання, створення резерву, пошук, вибір, виявлення	Пошук, вивчення, відбір, оцінювання, створення резерву
Результат	Виконання роботи, підбір персоналу, база даних, пул кандидатів, виконання роботи, заповнення та просування по службі, реалізація компетенцій та здібностей кандидатів	Створення пулу кандидатів. Реалізація компетенцій та здібностей кандидатів. Досягнення цілей організації

Історично сфера рекрутингу не завжди була технологічною, але зараз її цифрова трансформація стає необхідною і надважливою, оскільки інтеграція інноваційних цифрових технологій у процеси добору персоналу з метою покращення заповнення вакансій та надання більшої цінності кандидатам – це позитивний розвиток у нових умовах. В цілому, у 2022 році відбулося різке збільшення кількості рекрутингових агентств, що використовують цифрову стратегію трансформації; воєнний стан мав прямий вплив на зміни їх підходу до цифрової трансформації; відбувається активізація процесу цифрової трансформації в сфері рекрутингу [4, с. 27].

В Україні перші рекрутингові агентства почали з'являтися лише на початку 1990-х років, на ранніх етапах становлення ринкових відносин. Звичайно, їх поява мала певні особливості, оскільки в той час Україна перебувала в ситуації форсованого розвитку багатьох видів бізнесу.

Спеціалізовані рекрутингові агентства з'явилися на початку 1990-х років, але через майже 25 років якість зовнішніх послуг з підбору персоналу все ще залишається недостатньо високою, що, в свою чергу, негативно впливає на ефективність та конкурентоспроможність вітчизняних компаній. Аналізуючи цю проблему, можна зробити висновок, що послуги з підбору персоналу в останні роки перебувають у занепаді через погіршення економічної ситуації в країні [4, с. 28].

Основні етапи історичного розвитку рекрутингових послуг в Україні відображено в таблиці 4.

Таблиця 4 - Етапи історичного розвитку рекрутингових послуг в Україні

Назва етапу	Період	Характеристика
Зародження	1991–1997 рр.	Інфраструктура ринку послуг з підбору персоналу є нерозвиненою, а технічна база українських кадрових агентств - недостатньою.
Становлення	1997–1999 рр.	Стрімке зростання кількості рекрутингових агентств та зміна ставлення вітчизняних компаній-клієнтів до аутсорсингу.
Стабілізація	2000–2008 р.	Використання новітніх технологій рекрутингу, поява нових методів підбору персоналу та велика кількість рекрутингових агентств на ринку праці.
Посткризовий період	2009–2013 рр.	Функції агентств, що залишилися на ринку після кризи 2008 року Посилення конкуренції за лідерські позиції, перерозподіл ринків, посилення конкуренції, диверсифікація послуг (підбір персоналу, аутсорсинг, лізинг, аутплейсмент)
Регрес	2014–2016 рр	Зменшення кількості рекрутингових та кадрових агентств, труднощі з утриманням існуючих робочих місць, агресивна маркетингова діяльність професійних асоціацій та соціально-професійних заходів, поява волонтерського руху з працевлаштування вимушених переселенців зі сходу України.
Розвиток	2017 – по наш час	Збільшення кількості кадрових агентств та зростання цін на послуги з підбору персоналу через складну ситуацію на ринку праці та міграцію працездатного населення за кордон.

Особливу увагу при визначенні вимог до кандидатів слід приділяти повному опису роботи. Кожна посадова інструкція повинна містити посадові обов'язки, назву посади, необхідні результати роботи, типовий робочий час, інформацію про винагороду та пільги, а також інформацію про працевлаштування [5, с. 263].

Основні послуги з підбору персоналу наведені на рис. 1.



Рис. 1. Основні види рекрутингових послуг

Як уже згадувалося, прогрес - це динамічний процес, і світ поступово переживає технологічну революцію, з'являються нові технологічні розробки, такі як біометрія, нанотехнології, інтернет-технології та штучний інтелект, які впливають на робочі місця в усіх сферах. У цей час багато методів підбору персоналу є «застарілими» і тому неефективними. Цифрова епоха вимагає впровадження нових ідей, які відкривають можливість працювати з людьми в новому світі, де кожен прив'язаний до пристрою. Зокрема, дослідження компанії Deloitte фокусується на ключових тенденціях у цифровому рекрутингу, які наведені в таблиці 5.

Варто також зазначити, що сьогодні розрізняють традиційні та креативні джерела підбору персоналу. Серед традиційних джерел провідні світові компанії виділяють рекомендації, оголошення про роботу, веб-сайти з пошуку роботи, прямий пошук, університетські центри зайнятості та ярмарки вакансій [6, с. 57].

Таблиця 5 - Трендові напрями digital-рекрутингу

Напрями digital-рекрутингу	Сутнісна характеристика
Використання штучного інтелекту та роботів	Це, безумовно, найперспективніший сектор для розвитку ринку рекрутингу на сьогоднішній день. Зокрема, на світовому ринку пілотуються роботи з підбору персоналу. Окрім роботів, на увагу також заслуговують чат-боти. Чат-боти можуть шукати резюме та отримувати важливу інформацію від кандидатів. Такі боти також можуть виконувати адміністративні завдання, наприклад, планувати зустрічі. Сьогодні чат-боти доступні майже у всіх відомих месенджерах, таких як Telegram, Viber, WhatsApp, Facebook Messenger та Slack. Найвідомішими на світовому ринку є боти Mya, XOR, Wade & Wendy та TalkPush.
Автоматизація процесів	Аудіо- та відео-інтерв'ю, а також ряд тестів можна проводити дистанційно. Все це може принести величезні переваги як рекрутеру, так і кандидату. В першу чергу, мова йде про економію часу. Крім того, автоматизація дає можливість шукати і залучати кандидатів з усього світу. Ця тенденція особливо актуальна в контексті глобального переходу до віддаленої зайнятості через поширення вірусів, які зараз практично невідомі людству. Автоматизація за допомогою спеціального програмного забезпечення, так званих ATS або ERP-систем, знаходиться в іншій категорії. Вони можуть функціонувати як єдина система або незалежно одна від одної; ERP-системи використовуються для планування ресурсів компанії. У контексті рекрутингу такі системи можна використовувати для налагодження стабільного процесу підбору персоналу, відстеження кандидатів та усунення певних проблем за допомогою планування.
Використання агрегації	Агрегатори резюме об'єднують в одну базу даних кандидатів, які розмістили свої резюме на сайтах з пошуку роботи, а також тих, хто має профілі в соціальних мережах.
Використання соціальних мереж	Рекрутинг через соціальні мережі створює можливості для пошуку молодих, креативних та сучасних фахівців (навіть якщо вони не шукають роботу), які шукають роботу через соціальні мережі та публічні сторінки. Такий вид пошуку дає більше інформації про спосіб життя кандидата, його хобі та вподобання. Найпоширенішими пошуковими мережами є Instagram, Facebook, Twitter та LinkedIn, деякі користуються Tinder та Snapchat, які менш поширені в Україні.
Альтернативні способи залучення кандидатів	Все більш доречними стають методи залучення кандидатів через безкоштовні семінари, благодійні акції, тренінги, ігри (в тому числі онлайн), тематичні зустрічі, онлайн-професійні об'єднання, форуми та конференції. Такі підходи роблять процес комунікації та загальної взаємодії з кандидатами більш особистим і цікавим.
Застосування HR-аналітики	Вбудована когнітивна аналітика дозволяє значно скоротити трудовитрати та час рекрутерів, оскільки звіти можна завантажувати в режимі реального часу. Розвиток аналітичних додатків дозволяє впроваджувати HR-аналітику з урахуванням географічних особливостей та розробляти аналітичні моделі для прогнозування (Oracle, ADP, Workday, Vltimate, Saba, Skillsoft, SuccessFactors).

Рекрутинг являє собою процес взаємопов’язаних заходів із наймання, відбору, добору, оцінки, розстановки та адаптації кадрів на вакантні посади задля максимальної реалізації бажань працівника й підприємства. Це процес, помилки й неточності в якому здатні відобразитися на кадровій безпеці підприємства і похитнути її. Процес рекрутингу здійснюється у кілька етапів: отримання рекрутером замовлення; аналіз кадрового

ринку; пошук потенційного працівника; набір, відсіювання й безпосередній відбір кандидата (рис. 2).

Використання сайтів вакансій є ще одним цифровим інструментом для пошуку кандидатів, але цей метод не є ані новим, ані інноваційним і наразі є стандартним.

Як наслідок, процес підбору персоналу зазнав змін і трансформацій, а компанії дійшли висновку, що набагато ефективніше та економічно доцільніше утримувати працівників. Як наслідок, більшість компаній змістили акцент на побудову особистих і близьких стосунків зі своїми працівниками та розробили мотиваційні робочі програми, спрямовані на підвищення рівня мотивації кандидатів. Компанії також перебудовують свої стратегії підбору персоналу, щоб бути менш залежними від локації та графіку, беручи до уваги пандемію, швидкість технологічного розвитку та онлайн-комунікації [7, с. 259].

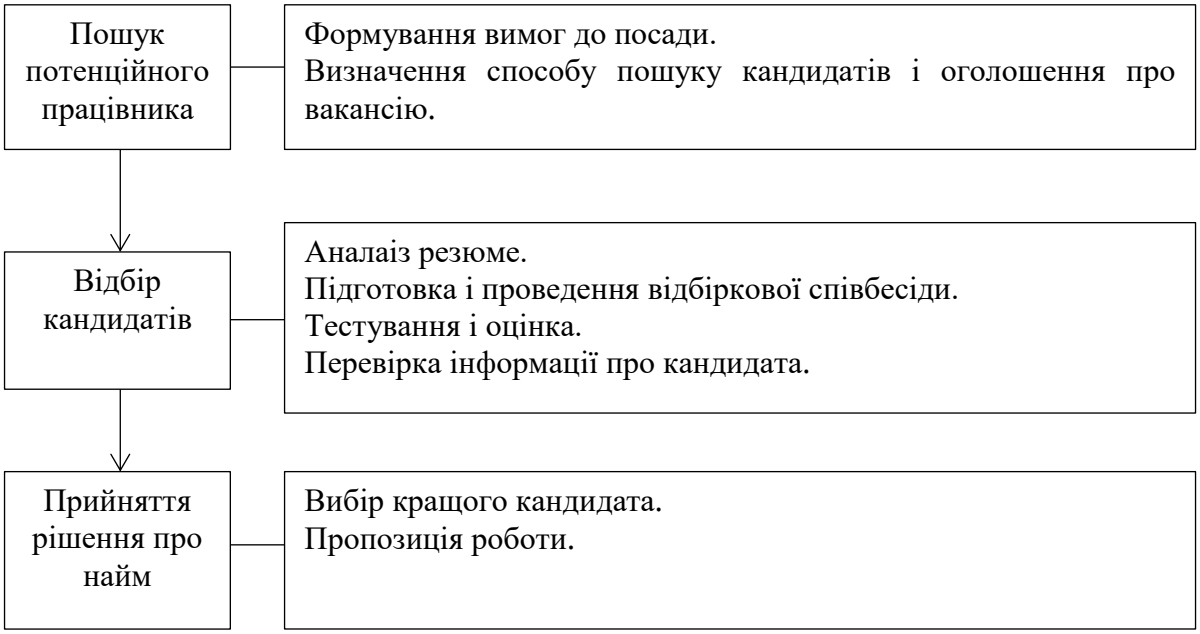


Рис. 2. Основні етапи стандартного методу пошуку кандидатів

Професія рекрутера зазнає трансформації, що вимагає розвитку нових навичок, постійного професійного зростання та набуття нових знань в інших сферах діяльності. Автоматизація та використання штучного інтелекту продовжують набирати обертів, але людські стосунки залишаються важливими через брак спілкування під час пандемії та дистанційної роботи. Щоб не відставати від зростаючого рівня штучного інтелекту в бізнес-процесах і швидкості його впровадження, рекрутери повинні бути технічно підкованими і постійно підвищувати свою компетентність [8, с. 28]. В умовах постійних змін рекрутери повинні бути активними та гнучкими, постійно навчатися та відстежувати всі зміни на ринку.

Рекрутинг є частиною індустрії управлінського консалтингу, яка активно розвивається разом із загальним розвитком ринку та бізнесу в Україні. Відповідно до її розвитку постійно зростає попит на людей, які працюють у сфері управління людськими ресурсами [9]. На сучасному етапі вже існує конкуренція серед найкращих професіоналів у цій сфері. Зі зростанням бізнесу та розвитком практик управління персоналом зростає потреба в інформації серед працівників цієї сфери. Однак просто володіти нею недостатньо, потрібно навчитися нею користуватися. Для того, щоб зайняти лідируючі позиції, компаніям необхідно впроваджувати новітні HR-технології [10, с. 120].

В умовах динамічного розвитку виробництва на перший план виходить

зростаючий попит на кваліфіковану робочу силу, оскільки талановиті працівники повинні працювати на компанію з метою максимізації прибутку. Дійсно, в останні роки роботодавці ставляться до свого персоналу як до найцінішого ресурсу та найкращої інвестиції. Саме тому етап професійного підбору персоналу є дуже важливим і відповідальним. Зрозуміло, що неякісний рекрутинг призводить до значних втрат для компаній [11, с. 22]. Водночас необхідно вміти творчо та ефективно використовувати всі сучасні інструменти, техніки та процедури підбору персоналу, оскільки знайти потрібного фахівця може бути дуже складно [12, с. 247].

Аналізуючи та порівнюючи існуючі методи підбору персоналу та їхню ефективність, можна зробити висновок, що стандартні методи підбору персоналу, безумовно, працюють, але вони набагато більш трудомісткі та менш ефективні, ніж сучасні методи, що використовують цифрові можливості. На жаль, дуже велика кількість компаній та рекрутингових агентств не усвідомлюють широкого спектру можливостей використання сучасних технологій для підбору персоналу, втрачаючи таким чином час і потенційно втрачаючи хороших співробітників [13].

Іншими словами, ми зараз експлуатуємо диджитал-можливості. І компанії, які хочуть залишатися і розвиватися на ринку, повинні як мінімум слідувати основним трендам і по можливості впроваджувати нові продукти в цифровому світі. Адже диджитал-інструменти дозволяють рекрутерам максимально швидко охоплювати ринок і позитивно взаємодіяти з кандидатами.

Технологія автоматизації бере верх над бізнес-операціями в усьому світі. Впровадження автоматизації не тільки прискорює рутинні процеси, але й звільняє людські ресурси, щоб зосередитися на більш складних і стратегічних завданнях. Підприємствам слід приділити пріоритетну увагу цим ініціативам у наступному році, щоб залишатися конкурентоспроможними в умовах дедалі більшої диджиталізації. Ті менеджери, які активно інвестують в інтеграцію автоматизації та програми перекваліфікації кадрів, не лише оптимізують свої робочі процеси, але й розвивають культуру адаптивності. Цей далекоглядний підхід підготує робочу силу до майбутнього та позиціює вашу компанію як інноватора, здатного використовувати весь потенціал технологій для досягнення сталого зростання та збереження конкурентної переваги на динамічному глобальному ринку.

Цифрові технології рекрутингу один з найперспективніших напрямів розвитку програмного забезпечення у системі HR. Арсенал цифрових інструментів, які можуть бути використані з цією метою, дуже широкий. Насамперед варто виділити так зване «рекрутингове програмне забезпечення», яке сприяє добору та залученню нових талантів. Ці рішення надають інструменти для створення внутрішніх та зовнішніх пулів кандидатів, виробляють та розповсюджують оголошення про роботу, а також включають програмне забезпечення для відстеження кандидатів (з англ. Aplicant Tracking System, далі – ATS), онбордингу, адаптації персоналу та рекрутингової аналітики. По суті, такий набір програмного забезпечення автоматизує весь процес добору персоналу – від пошуку кандидатів до адаптації [10, с. 122].

Так, організація процесу добору персоналу з використанням ATS дає можливість відфільтровувати та відбирати кандидатів за допомогою засобів управління; контролювати прогрес кожного кандидата у життєвому циклі віддаленого добору; планувати всі процедури добору віддалено. Це допомагає команді віддаленого добору відстежувати статус кожного кандидата, забезпечуючи впорядкований ефективний процес. ATS – це лише один з прикладів програмного забезпечення для добору персоналу, а в цілому компанії мають багато варіантів для цифровізації пошуку, залучення кандидатів та управління добором [11, с. 29].

Програмні продукти, що забезпечують реалізацію процесу добору персоналу,

часто є модулями (підсистемами) комплексів програмного забезпечення менеджменту персоналу або інформаційних систем менеджменту персоналу. Ці рішення керують високоцінними процесами менеджменту персоналу, такими як основний HR, добір персоналу, менеджмент продуктивності та навчальне програмне забезпечення eLearning. Хоча багато рекрутингових програмних продуктів інтегровані в комплексні HR-системи, деякі доступні як самостійний програмний продукт [13].

Розглядаючи програмне забезпечення з добору персоналу, компанії мають орієнтуватися на власні комплексні HR-потреби. Програмні продукти, що пропонують найкращі функціональні можливості для добору персоналу, можуть не відповідати потребам інших функціональних сфер. Тому дуже важливо, щоб компанії підходили до вибору цих програм із чітким розумінням цілей своєї HR-команди. При цьому, на нашу думку, потрібно враховувати, що основні переваги використання програмного забезпечення при віддаленому доборі персоналу можуть проявлятися у розширенні можливостей щодо: впорядкування процесу добору персоналу для підвищення його ефективності; зберігання інформації про кандидатів та управління нею в одному централізованому місці; оптимізація та підвищення якості подання заявки кандидатом; автоматизації розміщення та розповсюдження оголошення про вакансію для охоплення більшої кількості кандидатів; скорочення часу закриття вакансій; поліпшення спілкування з кандидатами тощо [10, с. 123].

Автоматизація рекрутингу полягає у використанні технологій, щоб спростити, прискорити та зробити більш ефективним процес пошуку та найму нових співробітників. Завдяки автоматизації, компанії можуть зменшити витрати часу та ресурсів, які традиційно були потрібні для проведення рекрутингу.

Основні інструменти автоматизації рекрутингу подано у таблиці 6 [8, с. 29].

Автоматизована система для рекрутингу допомагає виставити об’єктивні оцінки в ході попереднього скринінг-тесту, тим самим знижуючи рівень упередженості до кандидата.

Таблиця 6 - Основні інструменти автоматизації рекрутингу

Інструменти	Характеристика
Системи відстеження заявників	Системи відстеження заявників (Applicant Tracking Systems, ATS) є основним інструментом автоматизації рекрутингу. Вони дозволяють організувати та структурувати всю інформацію про кандидатів, відслідковувати їхній прогрес на всіх етапах відбору та спрощують спілкування між кандидатами та рекрутерами. ATS можуть інтегруватися з іншими інструментами автоматизації та значно покращують ефективність рекрутингових процесів
Штучний інтелект для відбору кандидатів	Штучний інтелект (AI) може сприяти автоматизації рекрутингу, використовуючи алгоритми для аналізу резюме, профілів в соціальних мережах та інших джерел даних про кандидатів. AI-підсилювачі дозволяють рекрутерам швидко і точно відфільтрувати кандидатів, що відповідають критеріям вакансії, зменшують можливість упередженості та забезпечують об’єктивність в процесі відбору
Автоматизоване планування співбесід	Автоматизоване планування співбесід забезпечує ефективну координацію між рекрутерами та кандидатами. Ці системи дозволяють автоматично пропонувати вільні слоти для співбесід, забезпечуючи зручність для усіх сторін та зменшуючи витрати часу на планування. Вони також можуть надсилати нагадування про співбесіди, що зменшує ймовірність пропущених зустрічей та поліпшує загальний досвід співбесід

Інструменти для оцінки навичок	Інструменти оцінки навичок допомагають рекрутерам визначити рівень компетентності кандидатів у певних областях, що сприяє відбору найкваліфікованіших претендентів на посаду. Ці інструменти можуть включати онлайн-тести, симуляції робочих ситуацій, завдання на вирішення проблем та інші вправи, які допомагають оцінити навички та досвід кандидатів. Використання цих інструментів дозволяє рекрутерам швидше зрозуміти, які кандидати відповідають вимогам компанії, та прискорює процес найму.

Висновки

Процес диджиталізації не оминув жодної сфери життя, оптимізуючи та покращуючи внутрішні робочі процеси. Українці все більше довіряють та перекладають певні робочі задачі чат-ботам, штучному інтелекту та автоматизації. І хоча, існує ризик, що технології витіснять багато спеціальностей в майбутньому, прихильники автоматизації все частіше наголошують на його позитивних аспектах.

Автоматизація рекрутингу допомагає полегшити процес найму, використовуючи новітні технології для обробки та аналізу інформації про кандидатів. Ці технології дозволяють компаніям ефективніше знаходити та відбирати потенційних співробітників, зменшуючи витрати часу та ресурсів на рекрутинг. Від автоматичного відстеження заявок до штучного інтелекту, що допомагає відбирати кандидатів, автоматизація рекрутингу стає незамінним інструментом для сучасних компаній, що прагнуть знайти ідеальних претендентів на вакантні посади.

Бібліографія

1. Цимбалюк С. О. Рекрутинг персоналу : підручник. Київ : КНЕУ, 2019. 355 с. Валинуров И. Рекрутинг на 100%. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2016. 208 с.
2. Boiko, J., Volianska-Savchuk, L., Bazaliyska, N.&Zelena, M.(2021).Smart Recruiting as a Modern Tool for HR Hiring in the Context of Business Informatization. In: 2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), pp. 284-289, IEEE Press.https://doi.org/10.1109/ACIT52158.2021.9548558.
3. Вонберг Т. В., Головко А. А. Рекрутинг персоналу в епоху діджиталізації. Бізнес Інформ. 2020. №6. С. 313–318. https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-6-313-318.
4. Малєєва О. В., Артюх Р. В., Персіянова О. Ю. Система інформаційної підтримки процесів рекрутингу в ІТ-компанії. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2018. № 2. С. 25–33. DOI:https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.4.025
5. Скібська К. О. Тренди рекрутингу в умовах пандемії. Бізнес Інформ. 2022. №1. С. 261–266. https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-1-261-266.
6. Василик А.В., Іщенко О.В. Використання соціальних мереж у сучасному рекрутингу України. Економічний простір. 2018. №131. С.53-63. http://www.prostir.pdaba.dp.ua/index.php/journal/article/view/205/197.
7. Vedernikov, M., Zelena, M., Volianska-Savchuk, L., Litinska, V.&Boiko, J.(2020)Management of the Social Package Structure at Industrial Enterprises on the Basis of Cluster Analysis. TEM Journal, 9(1), 249-260.https://doi.org/10.18421/TEM91-35
8. Базалійська Н.П., Кошонько О.В. Рекрутинг як інноваційна технологія формування персоналу на промисловому підприємстві за сучасних умов господарювання. Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. 2020. № 4. Т. 1. С. 22–31. DOI: https://doi.org10.31891/2307-5740-2020-284-4-4

9. Кравчук О., Варіс І., Заривних К. Цифрові технології менеджменту персоналу: тенденції та виклики в умовах пандемії COVID-19. Економіка та суспільство. 2021. № 26. URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-26-73.
10. Vedernikov, M., Zelena, M., Volianska-Savchuk, L., Boiko, J., Koshonko, O., & Baksalova, O. (2022). Recruitment Based on Social and Economic Factors for the Formation of Effective Personnel Management. Res Militaris, 12(2), 111-124. https://resmilitaris.net/index.php/resmilitaris/article/view/83/29
11. Zakharova O, Lopushnyak G, Skibska K. Current Trends in the Development of the Ukrainian Labour Market. Studia Regionalne i Lokalne. 2022. Issue 3. P. 17-31. doi: 10.7366/1509499538902.
12. Назарова Г. В. Використання засобів діджиталізації у рекрутингу персоналу підприємства. Актуальні проблеми управління соціально-економічними системами : матеріали VI міжнар. наук.практ. інтернет конф. м. Луцьк, 11.12.2020 р. Луцьк : ІВВ Луцького НТУ. С. 246–248.
13. Song L., Li J. Building HR information modeling and risk management: A Bayesian networks approach. 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC), Xi'an, 2018. DOI: 10.1109/IMCEC.2018.8469751

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СФЕРИ HR-ТЕХНОЛОГІЙ

Ведерніков М. Д., Волянська-Савчук Л. В., Чернушкіна О. О., Зелена М. І.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. Ефективність функціонування сучасних підприємств залежить не лише від належного забезпечення діяльності фінансовими і матеріальними ресурсами, але й від професійності і компетентності персоналу, який має характеризуватись здатністю та високим рівнем мотивації на власний розвиток. Від того, наскільки керівництво підприємства спроможне раціонально організувати систему HR-інжинірингу, максимально використовуючи при цьому новітні підходи до управління HR-процесами, будуть залежати результати його фінансово-економічного діяльності та конкурентоспроможність на ринку. Запровадження на підприємстві ефективного набору HR-технологій дозволить раціоналізувати та оптимізувати HR-процеси та є ключовим фактором його успіху. Трансформація бізнес-середовища, запровадження новітніх технологій в HR-сфері є вимогою часу та дозволяє оптимізувати бізнес-процеси організації в сучасних умовах господарювання.

Системний підхід до побудови HR-інжинірингу на підприємстві обумовлює конкретні способи впливу та управлінські рішення, спрямовані на створення високоефективного персоналу, здатного раціонально та своєчасно розв'язувати складні оперативні та стратегічні завдання перспективного розвитку.

До архітектурних складових системи HR-інжинірингу доцільно віднести основні HR-процеси, зокрема: комплектування персоналу, онбординг персоналу, навчання, використання та розвиток персоналу, мотивація та винагородження персоналу, оцінювання персоналу, офбординг персоналу. Сучасні пріоритети бізнесу щодо трансформації HR-процесів роблять нагальними вимоги пошуку та застосування ефективних HR-технологій їх реалізації.

Перехід до цифрової економіки значним чином трансформує усі традиційні функції управління організацією, і в першу чергу, систему HR-інжинірингу. Цифрові перетворення змінюють способи здійснення управлінської діяльності, трансформують процеси управління змінами, ведуть до появи цифрового мислення та революціонізують досвід працівників, вимагаючи актуалізації існуючих HR-технологій. Цифровізація елементів системи HR-інжинірингу та застосування цифрових інструментів в HR-процесах в організації дозволить не лише підвищити ефективність діяльності в HR-сфері, але й сприятиме продуктивній діяльності працівників та реалізації стратегічних орієнтирів розвитку. Цифрова трансформація є необхідною складовою успішного розвитку організацій у сучасному бізнес-середовищі, надаючи можливість підприємствам залишатися конкурентоспроможними, інноваційними та готовими адаптуватися до змінних потреб ринку.

Ключові слова: HR-інжиніринг, HR-процеси, HR-технології, цифровізація HR-процесів, Digital HR-технології.

Вступ

Ефективність функціонування сучасних підприємств залежить не лише від належного забезпечення діяльності фінансовими і матеріальними ресурсами, але й від професійності і компетентності персоналу, який має характеризуватись здатністю та високим рівнем мотивації на власний розвиток. Від того, наскільки керівництво підприємства спроможне раціонально організувати систему HR-інжинірингу, максимально використовуючи при цьому новітні підходи до управління HR-процесами, будуть залежати результати його фінансово-економічного діяльності та конкурентоспроможність на ринку. Запровадження на підприємстві ефективного набору HR-технологій дозволить раціоналізувати та оптимізувати HR-процеси та є ключовим фактором його успіху. Трансформація бізнес-середовища, запровадження новітніх технологій в HR-сфері є вимогою часу та дозволяє оптимізувати бізнес-процеси організації в сучасних умовах господарювання.

Під інжинірингом розуміють особливий вид діяльності, яка являє собою науково-технічний та інженерний підходи до втілення проєктів, що має своєю кінцевою метою отримання оптимальних результатів від капіталовкладень чи інших витрат. Інжиніринг має тісний зв'язок з наукою, що полягає в єдиному процесі створення, апробування та впровадження технічних і технологічних досягнень, передових рішень і розробок [1].

Зміст застосування інженерного підходу до управління організацією полягає у конструюванні та візуалізації структури управління, моделюванні розвитку організації та імплементації інформаційних технологій у бізнес-процеси тощо. HR-інжиніринг – це системно-структурний підхід до управління людськими ресурсами, який ґрунтується на інтеграції нової концепції управління персоналом у бізнес-модель підприємства [2].

Системний підхід до побудови HR-інжинірингу на підприємстві обумовлює конкретні способи впливу та управлінські рішення, спрямовані на створення високоефективного персоналу, здатного раціонально та своєчасно розв’язувати складні оперативні та стратегічні завдання перспективного розвитку.

Ключовим елементом системи HR-інжинірингу є HR-процеси. Обґрунтоване окреслення та ефективне управління HR-процесами визначають успішність системи HR-інжинірингу, в кінцевому підсумку, набуття та утримання конкурентних позицій організацією.

HR-процеси являють собою операції, пов’язані з комплектуванням, адаптацією працівників, інтеграцією їх у бізнес-процеси та розвитком персоналу, винагородженням та вивільненням, тобто охоплюють весь цикл HR-інжинірингу та його інтеграцію у бізнес-процеси підприємства.

Архітектуру системи HR-інжинірингу можна описати як концепцію, що визначає модель, структуру та взаємозв’язок її компонентів.

Основна мета архітектурної побудови системи HR-інжинірингу полягає в оптимізації та підвищенні результативності HR-процесів у сучасній організації, що досягається шляхом пошуку та застосування більш ефективних HR-технологій. Саме раціональний відбір та обґрунтований підхід до вибору HR-технології дають можливість оптимізувати витрати на систему HR-інжинірингу, що сприятиме підвищенню ефективності діяльності організації.

До архітектурних складових системи HR-інжинірингу доцільно віднести основні HR-процеси, зокрема: комплектування персоналу, онбординг персоналу, навчання, використання та розвиток персоналу, мотивація та винагородження персоналу, оцінювання персоналу, офбординг персоналу (рис. 1).

Комплекту-вання	Оцінка та планування потреби у персоналі за визначеними вимогами та вихідними виробничими можливостями, підбір, набір, добір персоналу,
Онбординг персоналу	Соціально-психологічна і професійна адаптація та орієнтація нового працівника у колективі та на підприємстві
Навчання, використання та розвиток персоналу	Навчання, підвищення кваліфікації, підготовка та перепідготовка персоналу. Використання професійних навичок та умінь працівника. Підтримка особистісного розвитку працівників; запровадження системи безперервного професійного розвитку персоналу у напрямі формування найбільш значущих для посади й перспективного зростання професіонала компетенцій, знань і навичок; обґрунтування доцільних обсягів інвестування у
Мотивація та винагородження персоналу	Регулювання та оплата праці, диференціація мотиваційних й стимулюючих інструментів, формування оптимального мотиваційного профілю працівника підприємства конкретного професійно-кваліфікаційного рівня, запровадження системи участі працівників у прибутках, аудит
Оцінювання персоналу	Атестація персоналу, встановлення індивідуального внеску працівника в кінцеві результати діяльності колективу та підприємства
Офбординг персоналу	Лояльне та екологічне вивільнення працівника та бізнес-процеси подальшої взаємодії з ним

Рис. 1. Характеристика основних HR-процесів у сучасній організації

HR-технологію розглядають як сукупність прийомів, способів, форм і методів впливу на персонал у процесі його наймання, використання, розвитку та звільнення з метою отримання найкращих результатів трудової діяльності. Під HR-технологією, відповідно до загальнонаукових позицій, розуміють механізм взаємодії керівників усіх рівнів управління зі своїм персоналом із метою ефективного використання тих обмежених економічних ресурсів, що є на виробництві, насамперед робочої сили, трудового потенціалу всіх категорій працівників [3].

HR-технології є сукупністю способів, форм і методів впливу на персонал у процесі його залучення, використання, розвитку та вивільнення з метою отримання найкращих результатів та конкурентних переваг. HR-технології обираються та узгоджуються у межах бізнес-філософії організації, її кадрової політики, організаційної культури [4].

Серед найбільш поширених HR-технологій комплектування персоналу можна назвати лізинг персоналу, аутсорсинг, аутстаффінг, хедхантинг, скринінг, прямий пошук («плетіння мереж»). Під лізингом розуміють форму тимчасового або строкового залучення персоналу, що дозволяє забезпечити бізнес-процес організації необхідними людськими ресурсами і дає змогу вирішити проблеми в умовах зміни пріоритетних напрямів діяльності та необхідності зменшення витрат на персонал.

Аутсорсинг передбачає передачу певних завдань, функцій або бізнес-процесів іншій спеціалізованій організації, що здійснює діяльність у відповідній сфері, на підставі договору.

Технологію аутстаффінгу обирають у випадку, коли роботодавець наймає фахівця, який фактично буде працювати на організацію-замовника, але при цьому не буде офіційно перебувати в її штаті.

Технологія хедхантинга використовується HR-агентствами для пошуку висококваліфікованих найбільш перспективних і цінних за рівнем професіоналізму фахівців і топ-менеджерів з урахуванням особливостей діяльності роботодавця-замовника, вимог до кандидатів, робочого середовища, використовуючи прямі методи

пошуку.

Технологія скринінгу використовується HR-агентствами для швидкого пошуку і відбору необхідного допоміжного та обслуговуючого персоналу за формальними ознаками та ключовими вимогами загального характеру: стать, вік, освіта, сфера діяльності, кваліфікація, досвід роботи тощо. HR-агентства отримують резюме претендентів на вакантну посаду, рішення щодо відбору персоналу приймає роботодавець-замовник особисто.

«Плетіння мереж» є інструментом прямого пошуку, коли підбір персоналу здійснюється HR-фахівцями за використання власних зв‘язків.

З метою ефективного введення нового працівника в колектив, його інтеграції в корпоративне середовище та культуру організації найбільш використовуваними вважаються такі HR-технології, як коучинг, менторинг, тимбілдинг, тренінг, метод занурення, job shadowing, buddying.

Коучинг – це HR-технологія, яка спрямована на розвиток потенціалу людей і команд задля досягнення заздалегідь узгоджених цілей та докорінної зміни моделей поведінки, що призводить до розкриття внутрішнього потенціалу особистості.

У процесі коучингу відбувається розкриття потенціалу людини, розвиток її професійних та особистих якостей завдяки чому розвиваються нові здібності й навички, які підвищують ефективність роботи та покращують якість життя людини в цілому. Коучинг може бути використано як універсальну технологію, яка дозволяє ефективно працювати на суб’єкт-суб’єктному рівні, тобто вміти керувати собою, своїм станом, своїми ресурсами, допомагати іншим у розвитку особистісного потенціалу, у підвищенні особистої ефективності, розвивати навички комунікації, будувати конструктивні відносини з колегами, які максимально підвищують ефективність вирішення актуальних життєвих завдань тощо [5].

Невід’ємним учасником коучингового процесу є коуч, який є фахівцем, що має навики, знання та досвід з різних аспектів управління підприємством. Коуч – це фахівець у сфері розвитку персоналу, який у процесі коучингової комунікації забезпечує формування працівником основних цілей, які мають реалізовуватися у певний період часу. Коуч характеризується тим, що він не надає готові рішення для розв’язання конкретної проблеми. Він буде навчати клієнта приймати його самостійно. Коуч не буде діяти за клієнта − він буде задавати питання та пропонувати структуру обговорення, стимулювати розгляд альтернатив ефективних стратегій взаємодії із ситуацією, розширювати кругозір, тобто бачення перспектив і можливостей клієнта і, головне, кидати клієнту виклик [6].

Коучинг найбільш затребуваний у організаціях, що динамічно розвиваються, його результативність є більшою за умови, що організація переживає період інтенсивного розвитку, освоюються нові ринки або створюються нові продукти. Коучинг може бути використаний у бізнесі незалежно від його сфери, а унікальність його методики демонструє нову якість діяльності, не доступну іншим методам.

У сфері бізнесу коучинг дозволяє оптимізувати зусилля і ресурси з метою максимізації очікуваного результату (зростання прибутку, досягнення конкурентоспроможних позицій на внутрішньому ринку, вихід на міжнародний ринок тощо); отримати кращій результат за рахунок розкриття прихованого потенціалу і ресурсів, у тому числі талантів, працівників; підвищити мотивацію працівників через чітке внутрішнє розуміння цілей та оптимальних шляхів їх досягнення, чого можливо досягти за допомогою інструментів коучингу; досягти розвитку бізнесу або реалізувати важливий науковий проєкт за рахунок синергії зусиль усіх рівнів працівників або учасників проєктної групи.

У виконанні управлінських функцій керівників коучинг надає можливість

оптимізувати процедури розв’язання завдань, які не мають готових схем вирішення і носять унікальний характер; делегувати відповідальність за виконання конкретного обсягу робіт працівнику на засадах його чіткого усвідомлення доцільності та вірності прийнятого керівником рішення про вибір саме його на цю роботу; розвивати самостійність і потенціал кожного працівника через залучення до виконання складних та надскладних завдань, спираючись на наявний у конкретного працівника потенціал й природні здібності; вивільнити власний час і ресурси через чітку організацію процесу у часі, вірну стратегію керівного впливу на дії працівників; взаємодія з людьми стає менш енергоємною через їх чітке усвідомлення та сприйняття необхідності й важливості відповідального ставлення кожного до конкретного завдання для досягнення бажаного кінцевого результату.

З метою підвищення ефективності діяльності працівників застосування коучингу дає змогу більш чітко та усвідомлено розуміти цілі організації та бізнесу; самостійно вирішувати оперативні завдання, які доручає керівництво або які входять до посадової відповідальності; вміти планувати свої дії у часі таким чином, щоб з використанням помірних зусиль досягти високих результатів; вміти здійснювати пошук необхідних для досягнення результату ресурсів; вміти ефективно працювати з перешкодами, обмеженнями та проблемами, які перманентно виникають на шляху розв’язання поставленого завдання; розвивати самостійність і відповідальність при розв’язанні проблеми або завдання шляхом знаходження нестандартних, альтернативних рішень [7].

Менторинг в онбордингу працівника характеризується як ефективна HR-технологія, яка дозволяє досвідченому працівнику (ментору) передавати свій досвід та знання працівнику, який входить в посаду (менті), з метою покращення його продуктивності та досягнення поставлених цілей.

Відмінність між коучингом та менторингом полягає у способах забезпечення процесу, незважаючи на єдність мети та цілей такої діяльності. Менторинг здебільшого стосується допомоги, надання консультацій та розроблення моделей поведінки з боку досвідченого працівника. Завдання менторингу та коучингу мають різний рівень складності. Особливістю менторингу є те, що він формує особисту прив'язаність та зацікавленість менті, підвищує його мотивацію до професійного зростання. Нерідко у результаті менторингу між його учасниками формуються тісні зв'язки та дружні стосунки. Також менторинг є ефективним методом навчання обох сторін, а не лише менті, як це передбачено процесом коучингу [8].

Метод занурення використовується під час онбордингу управлінського персоналу і передбачає повне занурення в практичну діяльність з першого дня роботи. Основна мета методу – швидке входження нового працівника в трудовий процес. Але дана технологія є ефективною тільки за достатнього рівня кваліфікації працівника, який має достатній досвід роботи.

Job shadowing – HR-технологія онбордингу, за якої новий працівник стає ніби тінню більш досвідченого співробітника, супроводжує його впродовж робочого дня, обговорює з ним виробничі ситуації і отримує реальний досвід і якісний зворотній зв'язок. Роботодавець внаслідок використання даної технології остаточно приймає рішення щодо працевлаштування претендента на посаду.

Онбординг працівника за HR-технологією «buddying» полягає у тому, що за працівником закріплюється «buddy», партнер. Його завдання – надавати постійний зворотний зв'язок про дії та рішення того співробітника, за ким він закріплений. Buddying заснований на наданні інформації та об'єктивного зворотного зв'язку під час виконання завдань, пов'язаних з освоєнням нових навичок та виконанням поточних посадових обов'язків. Від коучингу та менторингу buddying відрізняється тим, що його

учасники абсолютно рівноправні у взаємодії. Зворотній зв'язок може надаватись після нарад, зборів, дискусій, ділових переговорів.

Серед HR-технологій, що застосовуються під час навчання, використання та розвитку персоналу, виокремлюють такі: коучинг, менторинг, тренінг, LMS-система, управління талантами, ABC-технологія, кейс-стаді, E-learning, самонавчання, реінжиніринг.

ABC-технологія в системі HR-інжинірингу обумовлює диференціацію персоналу за ступенем внеску у реалізацію стратегії розвитку потенціалу підприємства. В основі ABC-технології лежить розподіл певної сукупності об’єктів аналізу за питомою вагою кожної групи, обумовленою згідно з тим чи іншим обраним показником [4].

Реінжиніринг передбачає фундаментальне переосмислення і радикальне перепроєктування системи HR-інжинірингу як бізнес-процесу підприємства з метою досягнення істотного поліпшення якості функціонування.

Найбільш поширеними HR-технологіями мотивації, винагородження та оцінювання персоналу вважаються: внутрішній маркетинг, ціннісна пропозиція роботодавця (EVP), крос-аналіз Q-12, Performance Management, ассессмент-центр, бенчмаркінг, грейдинг.

EVP – це унікальний набір бенефітів, які організація пропонує працівникам в обмін на їх лояльність. HR-технологія «Performance Management» характеризується як концепція управління підвищенням продуктивності діяльності персоналу підприємства. Як система управління Performance Management складається з таких складових, як: планування, моніторинг, оцінювання, зворотний зв‘язок і розвиток результативності, таким чином охоплює широкий спектр дій, спрямованих на максимізацію продуктивності працівників.

Бенчмаркінг передбачає оцінювання наявного персоналу, порівняння якісних характеристик персоналу підприємства з конкурентами, визначення напрямів використання і розвитку персоналу з метою досягнення рівня підприємства-еталону. Грейдинг розглядається як процедура ранжування посад з метою розподілу за групами відповідно до їх значущості для підприємства зі встановленням грейдів та їх тарифікації та регулюванням меж грейдів і тарифів відповідно до ринкового рівня оплати праці.

Серед основних HR-технологій екологічного офбордингу персоналу прийнято виокремлювати аутплейсмент, даунсайзинг, дауншифинг, а також аутсорсинг і аутстаффінг, які поряд з виконанням функцій онбордингу персоналу можуть бути використані як технології вивільнення працівників.

Аутплейсмент – форма розірвання трудового договору між підприємствами й одним або декількома працівниками, що включає комплекс методів і засобів, що використовуються спеціалізованими підрозділами з метою надання зацікавленим особам допомоги при працевлаштуванні в оптимальний термін і за найбільш сприятливих умов [9].

Даунсайзинг – це сукупність заходів, що пов’язані між собою та спрямовані на зменшення розмірів підприємства в усіх його сферах відповідно до вимог зовнішнього середовища, наслідками чого буде зниження витрат та отримання «вільних» фінансових ресурсів, які можливо застосувати на термінові заходи із запобігання кризам та утримання позицій на ринку. Як HR-технологію даунсайзинг можливо розглядати як заходи зі зменшення чисельності управлінського, промислово-виробничого та обслуговуючого персоналу шляхом оптимізації робочих місць і виробничих операцій відповідно до попиту продукції на ринку та вимог зовнішнього середовища. Цей процес можливий лише за умови проведення комплексної та об’єктивної оцінки персоналу,

його кваліфікаційних характеристик [10].

Дауншифинг – перехід працівника з високооплачуваної роботи, але пов'язаної з постійними стресами, навантаженнями, яка забирає багато вільного часу, на більш спокійну роботу, хоча і з меншим рівнем заробітної плати [11].

Розвиток HR-технологій характеризується сучасними трендами, серед яких можна відокремити: гібридний формат роботи та гнучкий графік, штучний інтелект та автоматизація процесів рекрутингу, фокус на добробуті та психічному здоров'ї, професійний розвиток і перекваліфікація, зміна ролі HR-фахівців, розвиток бренду роботодавця, аналітика та ухвалення рішень на основі даних.

Гібридний формат роботи та гнучкий графік дозволяє поєднувати віддалену роботу з офісом, залежно від завдань, які потрібно вирішувати в той чи інший період. Працівники отримують більше комфорту, свободи й особистого часу. Це позитивно позначається на їх продуктивності, знижує ризик професійного вигорання та рівень стресу. А бізнес зменшує витрати на оренду, залучає й утримує таланти, а також максимально розкриває їхній потенціал.

Штучний інтелект та автоматизація процесів рекрутингу активно застосовуються в різних аспектах діяльності HR-фахівців, від первинного відбору резюме, опрацювання заявок і розсилання листів до аналізу даних щодо продуктивності. Автоматизація рутини та використання штучного інтелекту надає змогу рекрутерам зосередитися на стратегічних аспектах роботи та ухвалювати обґрунтовані рішення щодо наймання працівників.

Організації дедалі частіше усвідомлюють, що щасливі та здорові працівники є більш мотивованими та продуктивними. HR-фахівці впроваджують ініціативи, спрямовані на поліпшення добробуту та ментального здоров'я персоналу. Це включає проведення тренінгів і семінарів з управління стресом та емоціями, консультації психологів і створення комфортного робочого середовища. Рекрутери пропонують програми з балансу роботи та особистого життя, щоб працівники могли не тільки виконувати професійні функції, а й мати достатньо часу для якісного відпочинку та відновлення.

Швидкість розвитку технологій змушує фахівців безперервно вдосконалювати свої hard і soft skills. Організації спонукають персонал до постійного навчання, пропонуючи доступ до освітніх ресурсів, тренінгів і програм підвищення кваліфікації. Підтримують перекваліфікацію працівників, допомагаючи адаптуватися до нових викликів і реалізовувати кар'єрні можливості.

Змінюється роль HR-фахівців у діяльності організації. HR-фахівці долучаються до стратегічних рішень і розробки політики організації. HR-фахівці відіграють провідну роль у створенні та підтримці привабливого робочого середовища, складанні програм навчання та інноваційних бенефітів для претендентів на посаду.

Сучасним трендом розвитку HR-технологій є процес формування привабливого образу організації для потенційного та наявного персоналу з метою залучення й утримання потрібних працівників. Для розвитку бренду роботодавця рекрутери просувають на ринку переваги та цінності організації через соціальні медіа, участь у професійних спільнотах, організацію корпоративних заходів.

HR-фахівці використовують аналітику та метрики для перевірки ефективності каналів пошуку кандидатів, оптимізації найму та визначення успішних рекрутингових стратегій. HR-фахівці прогнозують потребу в персоналі, розробляють напрями поліпшення процесів, вимірюють рівень задоволеності працівників і обґрунтовують проблеми, об'єктивно оцінюють навички та створюють описи вакансій під наявні бюджети [12].

Окрім того слід зазначити, що HR-фахівцям доведеться адаптувати HR-технології під представників покоління постміленіалів, які є носіями цифрових технологій, покоління, яке народилося, зростало та розвивалося в епоху численних цифрових засобів комунікації.

Проблема формування привабливого образу організації для залучення й утримання потрібних працівників стала предметом дослідження багатьох науковців [13; 14].

Провідна консалтингова фірма Boston Consulting Group (BCG) та Всесвітня федерація асоціацій управління персоналом (WFPMA) співпрацюють у серії комплексних глобальних опитувань лідерів. У опитування 2023 року увійшли відповіді 6893 учасників на 102 ринках у всіх галузях. Були опитані респонденти щодо оцінювання тем HR-інжинірингу щодо їхньої майбутньої важливості та поточного рівня можливостей їхньої компанії [15].

Мета дослідження полягає в тому, щоб допомогти лідерам HR-інжинірингу визначити найбільш невідкладні пріоритети, поліпшити не тільки продуктивність своїх функцій, але і продуктивність всієї компанії. Така розстановка пріоритетів завжди важлива, але за нинішніх полікризових умов вона стала імперативом.

Незважаючи на те, що кожна компанія має створювати можливості, які найбільше відповідають її унікальному контексту, практично всі компанії повинні наголошувати на стратегічному плануванні персоналу, залученні талантів, підвищенні кваліфікації та перенавчанні, цифровізації та супутньому управлінні змінами та поведінці лідера.

Ключовими пріоритетами HR-інжинірингу визначено:

1. Управління талантами, інвестування в персонал. Багато компаній не мають усіх необхідних талантів. 72 % респондентів вказали, що нестача кадрів є головною проблемою для бізнесу, з якою стикаються компанії. Управління талантами у сучасних умовах вимагає найновітніших підходів до їх пошуку, розвитку та застосування їх навичок. Сьогодні дуже важливо визначити організаційну структуру управління, яка буде привабливою для талановитих працівників. Потрібно використовувати дані для точного планування пропозиції та попиту на таланти. Важливим є інвестування в підвищення кваліфікації та перекваліфікацію наявного персоналу. Технології, що постійно змінюються, висувають компаніям вимоги постійного оновлення навичок і здібностей своєї робочої сили.

2. Стратегічне планування персоналу. Стратегічний підхід до управління організацією визначає чіткі перспективні напрями трудової діяльності. Стратегічне планування персоналу є постійним викликом для більшості організацій. Компанії краще реагують на нагальні зовнішні чинники (наприклад, нестачу поставок, спричинену війною в Україні), але менш здатні дивитися вперед і зосереджуватися на пріоритетах HR-інжинірингу, які є критично важливими для успіху в майбутньому. Важливо визначати стратегії розвитку працівників, їх кваліфікаційне та кар'єрне зростання, а також багатоваріантність напрямів реалізації цієї стратегії за умов зміни зовнішнього середовища.

3. Цифровізація HR-процесів. Цифровізація залишається важливою сферою для HR-фахівців, включаючи можливості цифрової трансформації HR-інжинірингу, HR-процесів, HR-технологій.

4. Широке впровадження штучного інтелекту. ШІ набирає популярності серед HR-фахівців. Генеративний штучний інтелект має потенціал для революції в процесах самообслуговування, підвищення продуктивності, персоналізації взаємодії з клієнтами та створення екосистем талантів на основі даних.

5. Управління змінами та організаційний розвиток. У сфері лідерської поведінки, управління змінами та організаційного розвитку актуальним питанням постає врахування трансформаційного потенціалу змін.

Адаптація та трансформація бізнес-структур за допомогою цифрових технологій є актуальним напрямом розвитку світового ринку. Цифровізація, пов'язана з впровадженням сучасних технологій у бізнес-процеси організації, передбачає не лише встановлення сучасного обладнання або програмного забезпечення, але й фундаментальні зміни в підходах до управління, організаційної культури, зовнішніх комунікацій. Як наслідок, підвищується продуктивність кожного працівника, а організація здобуває репутацію прогресивної і сучасної конкурентної бізнес-структури.

Найважливішою ознакою сучасної економічної глобалізації є перехід до цифрової економіки та цифрова трансформація бізнесу і управлінських процесів. Остання передбачає розроблення та реалізацію цифрових стратегій і бізнес-моделей розвитку ділових організацій [16].

Сучасні тенденції трансформації бізнес-середовища та HR-сфери висувають необхідність запроваження нових технологічних рішень для оптимізації HR-процесів.

Компанія по підбору персоналу і управлінню персоналом TeamLease Services Limited, що займається виробництвом продуктів у сфері нормативних технологій, засвідчила 30-відсоткове збільшення попиту на новітні HR-технології. Попит на онлайн-сесії з мобільних пристроїв або заздалегідь записані тренінги зріс майже на 40-50 %. На таких платформах використовують чат-боти з підтримкою штучного інтелекту, які також відповідають на будь-які питання, пов'язані з пандемією, і навіть підштовхують працівників завершити роботу у встановлені терміни. Сандіп Чаудхарі, президент і член правління PeopleStrong, наголосив на актуальності запровадження Digital HR-технологій, щоб забезпечити віддалене керування роботою, мінімізувати втрати продуктивності та забезпечити співпрацю, що базується на результатах: «HR-технології тепер визначатимуть організаційну стратегію та культуру, а не лише досвід та процеси» [17].

Як найпопулярніші Digital HR-технології виділяють автоматизацію системи HR-інжинірингу, цифрове програмне забезпечення для рекрутингу та адаптації персоналу, навчальне програмне забезпечення LMS, чат-боти зі штучним інтелектом [18].

За даними PwC, понад 80 % генеральних директорів пояснюють зниження темпів зростання високою плинністю кадрів та нестачею кваліфікації. Платформи автоматизації системи HR-інжинірингу зазвичай використовують аналітику даних для прогнозування талантів, а також для оцінки продуктивності працівників. Ця інформація використовується під час розробки системи винагородження, розподілу оцінок і бонусів на основі результатів.

Згідно з опитуванням, опублікованим компанією getAbstract, понад 43 % штатних працівників виявляють бажання працювати віддалено. Доречним є організація процесу найму працівників за дистанційними технологіями. Компанії, які набирають персонал за допомогою цифрового методу, повинні переконатися, що використовуються відповідні технології. Завдяки належному плануванню та впровадженню компанії переналагоджують свої процеси найму. Адаптацію та орієнтацією працівників проводяться онлайн за допомогою відеоконференцій. Це дає новим працівникам достатньо часу, щоб звикнути до цифрового робочого середовища.

Після прийняття працівника на роботу обов'язковим є проведення інтенсивних тренінгів, щоб переконатися, що працівник готовий виконувати проєкти. Навчання працівників відбувається на платформах LMS, які пропонують створення курсів,

розміщення відео, відстеження відвідуваності та оцінювання серед безлічі інших функцій.

Технології штучного інтелекту активно проваджуються у бізнес-середовище та систему HR-інжинірингу. HR-боти можуть відповісти на питання, пов'язані з відпустками, пільгами, бонусами та HR-політикою компанії. Впровадження роботів зі штучним інтелектом знімає навантаження з HR-фахівців у повторюваних HR-процесах.

Хрестоматійними прикладами цифрової трансформації HR вже стали: аналіз резюме претендентів на роботу через спеціальні системи (applicant tracking system – ATS), які дають змогу автоматично відфільтровувати кандидатів, які не підходять на ту чи іншу вакансію, використовуючи ключові слова та дані про високоефективних працівників організації; автоматизація та цифровізація процесів найму працівників; планування на основі Big Data кар'єрного зростання, преміювання працівників, а також виявлення прогалин в їхніх навичках та освіті з метою оперативного проходження необхідних тренінгів [19].

Проведене дослідження з проблем цифровізації HR-процесів у сучасних реаліях [20] засвідчило, що головними перевагами використання цифрових технологій в діяльності національних компаній є: скорочення витрат часу на типові кадрові процедури – 93,48 % опитаних, забезпечення прозорості кадрових процесів – 39,13 %, спрощення взаємодії співробітників – 47,83 %, інтеграцію з різними інформаційними системами та веб-ресурсами – 41,30 %, розвиток HR-бренду компанії – 17,39 %, економію коштів завдяки автоматизації – 50 %, відстеження процесів адаптації, розвитку та професійного зростання працівників – 54,35 %, деталізованість і точність даних – 63,04 %, підвищення іміджу – 17,39 %.

Наведені результати показують, що лише 10,87 % респондентів не використовують жодних цифрових інструментів у своїй роботі. Переважають HRM-системи (використовують 67,3 % респондентів), соціальні мережі (60,87 %) та джоб-сайти (60,87 %), оскільки це ті ресурси, без яких наразі неможливо уявити роботу HR-служби. До успішних професійних мереж крім LinkedIn належать Viadeo.com (у першу чергу в франкомовних країнах) і Xing.com (у країнах з переважанням німецької мови – Німеччина, Австрія, Швейцарія). CRM-системи використовують 54,25 % респондентів, хмарні технології в HR – 23,91 %, ATS-системи – 21,74 %, ERP-системи – 17,39 %, Big Data використовують 4,35 % опитаних респондентів.

Кожне рішення має свою специфіку й відрізняється одне від одного, однак їх усіх об'єднує автоматизація HR-процесів. Наразі навіть найпростіші системи дають змогу вести бази кандидатів і працівників, облік відпусток, тимчасової непрацездатності та інших видів відсутності, проводити адаптацію нових працівників за допомогою різноманітних інтегрованих додатків, створювати індивідуальні плани розвитку для працівників, розміщувати вакансії на різних джоб-порталах, проводити аналітику й оцінювати ефективність працівників.

Цифрова трансформація дозволяє автоматизувати багато рутинних завдань, які раніше вимагали значних людських зусиль, та сприяє підвищенню продуктивності виробничих процесів та зниженню витрат на персонал. Використання цифрових технологій дозволяє збирати, аналізувати та інтерпретувати великі обсяги даних в реальному часі, що допомагає підприємствам приймати більш обґрунтовані та стратегічні рішення.

За результатами дослідження Global Human Capital Trends у 2024 р. [21], які щорічно проводить аудиторсько-консалтингова компанія Deloitte, найактуальнішими питаннями у світі є довіра та сталий розвиток людського капіталу. Серед основних висновків дослідження наголошено на тому, що організаціям варто застосовувати підхід

сталого розвитку саме людського капіталу, щоб покращити результати для працівників, клієнтів та суспільства загалом.

Організаціям потрібно використовувати різні джерела даних і технології, вони можуть знаходити нові способи оцінювання та підвищення ефективності роботи працівників, розвиваючи спроможності людей, водночас використовуючи переваги сучасних технологій, зокрема генеративного штучного інтелекту. Більшість (73 %) респондентів відзначають важливість забезпечення можливостей для підтримання рівня людської креативності на рівні з технологічними інноваціями, проте лише 9 % опитаних мають значний прогрес у досягненні цього балансу. Для подолання «дефіциту» креативності організаціям треба заохочувати інновації за допомогою цифрових ігрових майданчиків, які забезпечуватимуть працівникам психологічну безпеку для цілеспрямованого дослідження, спонукаючи їх використовувати свої здібності під час експериментування з новими технологіями.

Перехід до цифрової економіки значним чином трансформує усі традиційні функції управління організацією, і в першу чергу, систему HR-інжинірингу. Цифрові перетворення змінюють способи здійснення управлінської діяльності, трансформують процеси управління змінами, ведуть до появи цифрового мислення та революціонізують досвід працівників, вимагаючи актуалізації існуючих HR-технологій. Швидкість переходу від традиційного до високотехнологічного способу ведення економічної діяльності поряд із ефективним використанням наявного людського капіталу визначає сьогодні рівень конкурентоспроможності компанії та вимагає побудови HR-стратегії нового типу, що базується на активному використанні передових технологій та забезпечує високу продуктивність, інноваційність, гнучкість та адаптивність [22].

Застосування цифрових технологій в системі HR-інжинірингу здатні оптимізувати виконання завдань HR-фахівця. Варто зазначити, що успішне впровадження сучасних цифрових інструментів вимагає від підприємств не лише фінансових інвестицій, але й змін в організаційних процесах. Цифрова трансформація є необхідною складовою успішного розвитку організацій у сучасному бізнес-середовищі, надаючи можливість підприємствам залишатися конкурентоспроможними, інноваційними та готовими адаптуватися до змінних потреб ринку.

Висновки

Трансформаційні процеси, що характерні для сучасних підприємств, торкаються не лише бізнес-середовища, але й процесів управління людськими ресурсами – системи HR-інжинірингу. Новітні підходи до управління HR-процесами обумовлюють впровадження ефективного набору HR-технологій, які дозволять раціоналізувати управлінські рішення в HR-сфері, підвищити професіоналізм персоналу, сформувати високу лояльність працівників та створити умови для формування потужного трудового потенціалу підприємства.

У системі HR-інжинірингу запропоновано виокремлювати такі основні HR-процеси, як: комплектування персоналу, онбординг персоналу, навчання, використання та розвиток персоналу, мотивація та винагородження персоналу, оцінювання персоналу, офбординг персоналу. Сучасні пріоритети бізнесу щодо трансформації HR-процесів роблять нагальними вимоги пошуку та застосування ефективних HR-технологій їх реалізації.

Сучасними об’єктивними умовами підвищення продуктивності діяльності організацій є цифровізація бізнес-процесів, що виступає драйвером до кардинальних змін в бізнес-середовищі та конкурентному розвитку підприємства. Використання цифрових HR-технологій дозволяє цифровізувати HR-процеси, стимулює розвиток

цифрового мислення та формує унікальну систему цифрового HR-інжинірингу. Цифровізація елементів системи HR-інжинірингу та застосування цифрових інструментів в HR-процесах в організації дозволить не лише підвищити ефективність діяльності в HR-сфері, але й сприятиме продуктивній діяльності працівників та реалізації стратегічних орієнтирів розвитку.

Бібліографія

1. Тугай О. А., Власенко Т.В. (2018) Загальні основи інжинірингової діяльності та її сучасний стан в Україні. *Нові технології в будівництві*. № 34. С. 15-20.
2. Кифяк В. І., Запухляк В. М. (2021) Інструменти HR-інжинірингу в управлінні організаціями. *Ефективна економіка*. № 10. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=9434
3. Довгань Л. Є., Ведута Л. Л., Мохонько Г. А. (2018). Технології управління людськими ресурсами : навч. посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. 512 с.
4. Сочинська-Сибірцева І. М., Сторожук О. В., Доренська А. О. (2023) Новітні технології управління персоналом : навч. посіб. Кропивницький : ЦНТУ. 278 с.
5. Нежинська О. О., Тименко В. М. (2017) Основи коучингу : навчальний посібник. Київ ; Харків : ТОВ «ДІСА ПЛЮС». 220 с.
6. Никифорак В. А., Мельник О. І., Белінська Ю. О. (2019) Коучинг як інструмент управління персоналом. *Ефективна економіка*. № 4. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7008
7. Захарова В. (2020) Коучинг: технологія розкриття внутрішнього потенціалу дослідника. Черкаси : ЧДТУ. 65 с.
8. Дорошкевич К. О., Вороновська М. М., Салата І. З. (2017) Застосування менторингу для стимулювання інноваційної діяльності працівників підприємств. *Науковий вісник НЛТУ України*. Вип. 27(7). С. 70-73.
9. Шевчук О. А. (2022) Кадрова логістика : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. 99 с.
10. Обидєннова Т. С. (2018) Даунсайзинг у системі менеджменту персоналу на підприємствах. *Причорноморські економічні студії*. Вип. 28(1). С. 183–187.
11. Брич В. Я., Борисяк О. В. (2017) Інноваційні технології формування персоналу підприємств в умовах оптимізаційного розвитку. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія : Економіка*. Вип. 2. С. 172-179.
12. Головні HR-тренди 2024 року. *GoIt*. 2024. URL: https://goit.global/ua/articles/holovni-hr-trendy-roku/.
13. Vedernikov M., Zelena M., Volianska-Savchuk L., Chernushkina O., Danilkova A., Glushko T. (2021) Diagnostics of the Corporate Brand Image as an Effective Way to the Formation of the Enterprise's Positive PR-Factor. *11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, Deggendorf, Germany. Pp. 328-332.
14. Vedernikov M., Sandyga I., Volianska-Savchuk L., Chernushkina O., Zelena M., Koshonko O. (2020) Specificity of Corporate Culture Modeling at Industrial Enterprises in Conditions of Digital Business Transformation. *10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, Deggendorf, Germany. Pp. 595-600.
15. Creating People Advantage 2023: Set the Right People Priorities for Challenging Times. URL:https://www.bcg.com/publications/collections/creating-people-advantage-reports.
16. Чернушкіна О.О. (2023) Трансформація бізнес-структур в умовах цифровізації. *Проблеми, пріоритети та перспективи сталого розвитку в XXI столітті.*

Матеріали XV міжнародної науково-практичної конференції. Кам'янець-Подільський : Видавець Ковальчук О.В. 262 с. С. 83-89.
17. Abhijit Ahaskar, Nandita Mathur (2020) Demand for technology in HR sees 30% hike during pandemic. *LiveMint.com.* URL: https://www.livemint.com/technology/tech-news/demand-for-technology-in-hr-sees-30-hike-during-pandemic-11589557668853.html.
18. Samira Rao (2022) Top 4 HR technologies that are booming post pandemic. *THE TIMES OF INDIA*. URL: https://timesofindia.indiatimes.com/blogs/voices/top-4-hr-technologies-that-are-booming-post-pandemic/.
19. Ведерніков М. Д., Волянська-Савчук Л. В., Чернушкіна О. О., Базалійська Н. П. (2022) Цифрова трансформація у сфері HR-процесів: напрями, проблеми та можливості. *Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки*. Випуск 66. С. 39-48.
20. Данилевич Н., Рудакова С., Щетініна Л., Касяненко Я. (2020) Діджіталізація HR-процесів у сучасних реаліях. *Галицький економічний вісник*. Том 64. № 3. С. 147–156.
21. Офіційна сторінка Deloitte. URL: https://www2.deloitte.com/ua/uk/pages/press-room/press-release/2024/human-capital-trends.html.
22. Бей Г. В., Середа Г. В. (2019) Трансформація HR-технологій під впливом цифровізації бізнес-процесів. *Економіка і організація управління*. Вип. 2. С. 93-101.

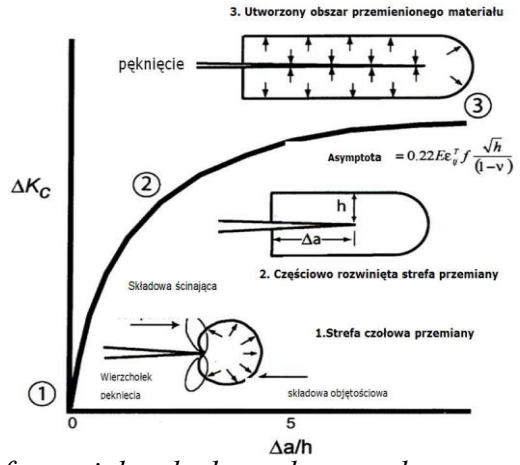
ANALIZA TWARDOŚCI DWUTLENKU CYRKONU PODCZAS PROCESÓW WZMACNIANIA

Wirwicki M., Andryszczyk M., Szala G.
[1] Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Polska

Streszczenie. Artykuł skupia się na analizie twardości dwutlenku cyrkonu (ZrO2) podczas procesów wzmacniania. Dwutlenek cyrkonu jest istotnym materiałem konstrukcyjnym w ceramice ze względu na doskonałe właściwości mechaniczne, chemiczną odporność i ogniotrwałość. Jego złożona mikrostruktura, obejmująca duże ziarna regularnej odmiany oraz rozproszone ziarna o symetrii tetragonalnej i/lub jednoskośnej, wpływa na jego właściwości mechaniczne, szczególnie odporność na pękanie. Transformacja tetragonalnej do monoklinicznej fazy ZrO2, inicjowana przez propagujące pęknięcie, jest kluczowym mechanizmem wzmacniania materiału. Autorzy omawiają znaczenie tej transformacji dla poprawy właściwości mechanicznych ceramiki inżynieryjnej. Badania nad procesami wzmacniania, takimi jak badanie wytrzymałości na zginanie i pomiary twardości, są istotne dla zrozumienia wpływu warunków obróbki termicznej i mikrostruktury na właściwości mechaniczne materiałów ceramicznych. W artykule przedstawiono wyniki badań nad wytrzymałością na zginanie ceramiki z wykorzystaniem różnych metod, takich jak trzypunktowe zginanie oraz przedstawiono propozycję planu badań obejmującego różne materiały ceramiki, geometrię próbek oraz zróżnicowane warunki obróbki termicznej. Wnioski z badań potwierdzą, że transformacja fazowa tetragonalnej do monoklinicznej fazy ZrO2 oraz dyfuzja w strefie otwarcia pęknięcia są kluczowymi mechanizmami naprawy pęknięć. Badania nad różnymi materiałami ceramicznymi oraz metodami wzmacniania pozwalają na kompleksową ocenę właściwości mechanicznych i efektywności procesów utwardzania. Propozycja planu badań zapewnia możliwość rozszerzenia w przyszłości badań nad optymalnymi warunkami obróbki termicznej oraz analizy wpływu geometrii próbek na ich właściwości mechaniczne. Wnioski z badań mają istotne znaczenie dla dalszego rozwoju ceramiki inżynieryjnej i mogą przyczynić się do opracowania materiałów o jeszcze lepszych właściwościach mechanicznych i odporności na pękanie.
Słowa kluczowe: dwutlenek cyrkonu, crack healing, wzmacnianie się ceramiki, ceramika.

Wprowadzenie

Częściowo stabilizowany dwutlenek cyrkonu, z uwagi na doskonałe cechy mechaniczne, wysoką odporność chemiczną, ogniotrwałość oraz wytrzymałość na wstrząsy termiczne, obecnie stanowi istotny materiał konstrukcyjny w dziedzinie ceramiki. Materiał ten charakteryzuje się złożoną mikrostrukturą, która obejmuje duże ziarna regularnej odmiany, osiągające rozmiary kilkudziesięciu mikrometrów, stanowiące osnowę, oraz rozproszone w niej ziarna o symetrii tetragonalnej i/lub jednoskośnej [12]. Doskonałe właściwości mechaniczne, zwłaszcza znacznie większa niż u tradycyjnych materiałów ceramicznych odporność na kruche pękanie, wynikają z mechanizmu wzmocnienia materiału poprzez przemianę martenzytyczną, inicjowaną przez propagujące pęknięcie. Wytrącenia metastabilnej fazy tetragonalnej o wielkości zbliżonej do krytycznej, występujące w materiale z powodu koncentracji naprężeń rozciągających oraz ścinających na wierzchołku rozprzestrzeniającej się szczeliny, przekształcają się w stabilną fazę jednoskośną w temperaturze pokojowej. Ten proces przekształcenia ekranuje strefę czołową propagującego pęknięcia, a wzmocnienie materiału wynika z działania złożonego mechanizmu, który obejmuje m.in. wzrost objętości ziarna w wyniku przemiany oraz naprężenia (odkształcenia) ścinające. Te mechanizmy prowadzą do powstania obszaru naprężeń ściskających wokół wierzchołka pęknięcia, hamując w ten sposób jego propagację [1]. Rysunek 1 przedstawia schemat przemiany fazowej dwutlenku cyrkonu podczas procesów wzmacniania.



Rys. 1. schemat przemiany fazowej dwutlenku cyrkonu podczas procesów wzmacniania [1]

W artykule [2] autorzy przedstawili znaczenie rozpoznania potencjału poprawy odporności na pękanie, wynikającego z kontrolowanej, stresowo aktywowanej transformacji tetragonalnej (t) do monoklinicznej (m) w ceramice na bazie ZrO2. Odkrycie to oznaczało nową erę w rozwoju właściwości mechanicznych ceramiki inżynieryjnej i stanowiło główny impuls do bardziej wszechstronnych badań nad mechanizmami usztywniania, które mogą poprawić właściwości pękania materiałów o kruchej strukturze. Systemy oparte na ZrO2 pozostały kluczowym punktem badań, ponieważ postępy w zrozumieniu krystalografii transformacji t→m prowadziły do bardziej kompletnych opisów pochodzenia usztywniania transformacyjnego oraz definicji cech wymaganych przez system usztywniania transformacyjnego. W artykule opisano postępy w projektowaniu i kontroli mikrostruktury, które są niezbędne do optymalizacji właściwości mechanicznych w materiałach rozwijanych komercyjnie. W artykule skoncentrowano się na naukowych aspektach transformacji t→m w ZrO2 oraz jej zastosowaniu w modelowaniu zachowania usztywniania transformacyjnego, jednocześnie podsumowując kontrolę mikrostruktury niezbędną do wykorzystania korzyści w ceramice usztywnionej ZrO2. Autorzy artykułu [3] badali wytrzymałość na zginanie oraz moduł Younga ceramiki tytanianu glinu w zakresie temperatur od temperatury pokojowej do 1300°C, wykorzystując test zginania trójpunktowego. Stwierdzili, że zarówno wytrzymałość na zginanie, jak i moduł Younga wzrastały wraz ze wzrostem temperatury obróbki cieplnej. Wytrzymałość na zginanie wzrosła z 62 MPa do 280 MPa, a moduł Younga wzrósł z 29 GPa do 99 GPa od temperatury pokojowej do 1100°C. Wyniki pokazały, że mechanizm gojenia przy wysokiej temperaturze polega na cylindryzacji pęknięć i zaokrąglaniu ich końców. Wyniki wykazały, że przy temperaturze 1200°C sferyczne ubytki zniknęły, a proces gojenia został całkowicie zakończony. W artykule [4] zbadano zachowanie procesu wzmacniania w ceramice (MgAl2O4). Autorzy przygotowali cylindryczne próbki o średnicy i wysokości 12 mm × 12 mm, spiekali je w temperaturze 1200 °C przez 1 godzinę, a następnie nałożyli wgłębnik Vickersa na górną powierzchnię w celu wytworzenia pęknięć powierzchniowych. Proces wzmacniania się materiału – zamykania pęknięć było badane w różnych temperaturach przy różnych czasach przechowywania próbek. Autorzy stwierdzili, że pęknięcia mogą być gojone po spiekaniu próbek w temperaturze 1600 °C przez 100 godzin. Przedstawili również systematyczną procedurę oceny efektywności zamykania pęknięcia próbek opartą na teście wytrzymałości na ściskanie. Autorzy [5] badali zachowanie procesu zamykania pęknięć częściowo stabilizowanego cyrkonu (ZrO2 - 3 mol% Y2O3). Próbki zostały przygotowane w postaci przekroju prostokątnego pod ciśnieniem 20 MPa i spiekane w temperaturze 1650 °C przez 2 godziny. Standardowe próbki do badań zostały przygotowane do testu zginania 4-punktowego o wymiarach 25 mm × 4,5 mm × 3,5 mm. W celu oceny wytrzymałości na zginanie, na powierzchni rozciąganej wytworzono wadę podłużną przy użyciu wgłębnika

Vickersa pod obciążeniem 190 N. Próbki z pęknięciami wstępnymi zostały wygrzewane w temperaturze 1250 °C przez 20 minut. Ostatecznie przeprowadzono test zginania 4-punktowego z prędkością przesuwu głowicy 0,5 mm/min oraz zewnętrznym i wewnętrznym rozstawem wynoszącym odpowiednio 24 i 8 mm, aby określić efektywność procesu zamykania pęknięć u wstępnie uszkodzonych próbek. Stwierdzono, że wytrzymałość na zginanie wygrzewanych wzrosła o 60% w porównaniu z próbkami z wstępnymi pęknięciami. Badania wykazały, że obróbka cieplna próbek powyżej temperatury transformacji ZrO2(t) → ZrO2(m) (1170 °C) prowadzi do gojenia pęknięć i zaokrąglania wierzchołka pęknięć cyrkonu tetragonalnego, co skutkuje zwiększeniem wytrzymałości na zginanie. Przebudowa ziarn w wyniku transformacji ZrO2(t) → ZrO2(m) oraz mechanizmy dyfuzji w strefie otwarcia pęknięcia są parametrami odpowiadającymi za „naprawę" pęknięć i zaokrąglanie wierzchołka pęknięć podczas obróbki cieplnej. Autorzy [6] zgłosili, że procesy „naprawiające" pęknięcia dwutlenku cyrkonu są związane z jego transformacją fazową. Tlenki utworzone w temperaturze 1000 °C pozostają w postaci monoklinicznej przy temperaturach poniżej 1100 °C, a przekształcają się w fazę tetragonalną przy temperaturach powyżej 1200 °C [7]. Wydaje się więc, że pęknięcia nie zostały zmniejszone podczas kolejnego utleniania w temperaturze 1000 i 1100 °C, ponieważ utworzony tlenek pozostał w postaci monoklinicznej. Ponadto wydaje się, że pęknięcia zostały zmniejszone podczas kolejnego utleniania w temperaturze 1200 °C z powodu transformacji fazowej z monoklinicznej do tetragonalnej utworzonego tlenku. Według autorów, transformacja fazowa z monoklinicznej do tetragonalnej towarzyszy zmniejszeniu objętości tlenku [40], a to zmniejszenie objętości może spowodować zamknięcie pęknięć na granicy tlenek-cyrkon.

Materiał badawczy

Do badań wykorzystano dwutlenek cyrkonu trzech producentów o nazwach: Cyrkon Lava firmy 3M ESPE, Prettau Zirkon firmy ZirkonZahn oraz Cercon firmy DeguDent. Powyższe materiały stosowane są między innymi do wytwarzania koron oraz mostów w technologii CAD/CAM. Środek ten jest obecnie jednym z najbardziej zaawansowanych generacyjnie materiałów wykorzystywanych do uzupełnień protetycznych oraz implantologicznych. Materiały dostarczone były przez producenta w różnej formie: dla materiału Cyrkon Lava były to bloczki o wymiarach 60 mm x 25 mm x 16 mm, dla Prettau to dyski o średnicy 95 mm x 16 mm oraz Cercon dyski o średnicy 105 mm x 20 mm. Geometria próbek została dobrana zgodnie z normą PN-EN 843-1 i wykorzystana do trzypunktowego zginania. Techniką obróbczą było docięcie piłą tarczową firmy Buehler ISOMET 5000. Parametry jakie dobrała maszyna były następujące: prędkość obrotu tarczy skrawającej 4950 obr/min, a posuw 19,0 mm/min. Następnym procesem było wyszlifowanie powierzchni wodnym papierem ściernym. Do szlifowania używano papieru ściernego o grubości 1200. Końcową obróbkę wykonano za pomocą frezarki Mazak Vertical Center Smart 430A. Materiały ceramiczne wykorzystywane w stomatologii charakteryzują się znacznym skurczem podczas procesu utwardzania – synteryzacji. Według producenta materiału Cyrkon Lava skurcz technologiczny wynosi 20%.

Metodologia badań

Do badań wytrzymałości na trzypunktowe zginanie wykorzystano Monotoniczne badanie trzypunktowego zginania zostało przeprowadzone na maszynie wytrzymałościowej Instron 8874, przy wykorzystaniu siłomierza tensometrycznego tej samej firmy, o zakresie obciążenia ± 5 kN. Badania prowadzone były na wcześniej zaprojektowanym i wykonanym uchwycie do trzy- i czteropunktowego zginania. Przyrząd do trzy- i czteropunktowego zginania zaprojektowany i wykonany został zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 843-1: Techniczna ceramika zaawansowana: Właściwości mechaniczne ceramiki monolitycznej w temperaturze pokojowej. Część 1: Oznaczanie wytrzymałości na zginanie. Prędkość aktuatora maszyny

wytrzymałościowej wynosiła 0,5 mm/min. Pomiary twardości dokonywano w 10 miejsach na długości próbki i 3 na szerokości. Powierzchnia badanych próbek została przeszlifowana na płycie żeliwnej przy użyciu pasty diamentowej o grubości ziarna 1 μm. Badania prowadzone były zgodnie z normą PN-EN 623-4 oraz EN ISO 6507-4:2005 na twardościomierzu uniwersalnym HPO – 250 metodą Vikersa, przy użyciu czworobocznego foremnego ostrosłupa diamentowego o kącie wierzchołkowym 136°.

Propozycja planu badań

Badania zostaną przeprowadzone dla trzech materiałów: Cyrkon Lava, Prettau Zirkon oraz Cercon, z każdej grupy zostanie wytworzonych po 30 próbek zgodnych z geometrią PN-EN 843-1. Próbki zostaną poddane synteryzacji – utwardzeniu zgodnie z zaleceniami producenta. Wykonana zostanie ocena twardości próbek w osi X – 10 punktów pomiarowych oraz w osi Y na jej środku 3 pomiary. Następnym krokiem będzie poddanie każdej z próbek obciążeniom monotonicznym dla trzypunktowego zginania w wysokości 50% wartości maksymalnej wytrzymałości na trzypunktowe zginanie. Obciążone próbki zostaną podzielone na 3 grupy dla każdego producenta i zostaną oznaczone A,B,C wraz z indeksem liczbowym 1,2,3. Każda z podgrup zostanie poddana innemu zabiegowi ponownemu wygrzewaniu w temperaturze wyższej niż zalecana przez producenta do utwarzdzania materiału. Plan badawczy został przedstawiony w tabeli 1.

Tabela 1. Plan badawczy

Nazwa materiału	Grupa	Temperatura wygrzewania [^{o}C]	Czas wygrzewania [min]
Cyrkon Lava	A_1	1500	30
	B_1	1600	20
	C_1	1700	10
Prettau Zirkon	A_2	1500	30
	B_2	1600	20
	C_2	1700	10
Cercon	A_3	1500	30
	B_3	1600	20
	C_3	1700	10

Wnioski

Transformacja fazowa tetragonalna (t) do monoklinicznej (m) w ceramice na bazie ZrO2, aktywowana stresowo, wykazuje potencjał poprawy odporności na pękanie. To odkrycie otwiera nowe możliwości w rozwoju właściwości mechanicznych ceramiki inżynieryjnej, szczególnie w kontekście materiałów o kruchej strukturze. Badania nad procesami wzmacniania w ceramice, takiej jak MgAl2O4, czy częściowo stabilizowanym cyrkonie, prowadzą do lepszego zrozumienia mechanizmów usztywniania, co może przyczynić się do poprawy odporności na pękanie. Skuteczność procesu wzmacniania często zależy od warunków obróbki cieplnej oraz mikrostruktury materiału. Wzrost wytrzymałości na zginanie w wyniku procesów gojenia pęknięć, obserwowany w przypadku różnych materiałów ceramicznych, świadczy o potencjalnych korzyściach związanych z kontrolowaną obróbką cieplną. Transformacje fazowe oraz dyfuzja w strefie otwarcia pęknięcia są kluczowymi mechanizmami naprawy pęknięć. Badania wytrzymałości mechanicznej ceramiki z wykorzystaniem różnych metod, takich jak trzypunktowe zginanie i pomiary twardości, pozwalają na kompleksową ocenę właściwości materiałów oraz efektywności procesów ich utwardzania i obróbki. Propozycja planu badań obejmująca różne materiały ceramiki, normatywną geometrie próbek oraz zróżnicowane warunki obróbki termicznej zapewnia kompleksowe zrozumienie wpływu tych czynników na wytrzymałość mechaniczną materiałów ceramicznych. Przeprowadzenie

w/w badań daje możliwość rozszerzenia w przyszłości badań o badania nad różnymi temperaturami, czasami oraz atmosferami obróbki cieplnej mogą pomóc w zrozumieniu optymalnych warunków dla poprawy wytrzymałości mechanicznej i odporności na pękanie ceramiki. Badania te mogą obejmować także analizę wpływu szybkości chłodzenia na mikrostrukturę materiału i jego właściwości mechaniczne. Porównawcze badania nad innymi materiałami ceramicznymi lub kompozytami mogą dostarczyć dodatkowych informacji na temat ich wytrzymałości mechanicznej, odporności na pękanie i potencjalnych zastosowań inżynieryjnych. Analiza wpływu geometrii próbek: Badania nad różnymi geometriami próbek mogą pomóc w zrozumieniu wpływu kształtu i rozmiaru próbek na ich wytrzymałość mechaniczną i odporność na pękanie.

Dofinansowano ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna inicjatywa doskonałości”

Bibliografia

1. Grabowy M. (2015) Wpływ składu chemicznego, fazowego oraz mikrostruktury na właściwości dwutlenku cyrkonu stabilizowanego tlenkiem magnezu [Rozprawa doktorska, AGH].
2. Hannink R., Kelly P., Muddle B.. (2000). Transformation Toughening in Zirconia-Containing Ceramics. Journal of the American Ceramic Society.
3. Ohya Y, Nakagawa Z-e, Hamano K. (1988) Crack healing and bending strength of aluminum titanate ceramics at high temperature. Journal of the American Ceramic Society.
4. Tavangarian F, Li G. (2015). Crack-healing in spinel (MgAl2O4) ceramic. Materials Science and Engineering.
5. Wang J, Stevens R. (1988). Modification of indentation cracks in TZP ceramics by thermal treatment. Journal of Materials Science Letters.
6. L. Jun, Z. Zheng, H. Ding, Z. Jin,. (2004) Preliminary study of the crack healing and strength recovery of Al2O3-matrix composites. Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures.
7. D. Gosset, M. Le Saux, J. (2015). In-situ X-ray diffraction analysis of zirconia layer formed on zirconium alloys oxidized at high temperature Journal of Nuclear Materials.
8. J. Abriata, J. Garces, R. Versaci, J. (1986) The O-Zr (Oxygen-Zirconium) system. Bulletin of Alloy Phase Diagrams

STOWARZYSZENIE JAKO JEDNA Z FORM ORGANIZACYJNO-PRAWNYCH KOORDYNATORÓW KLASTRÓW NA PRZYKŁADZIE BYDGOSKIEGO KLASTRA PRZEMYSŁOWEGO DOLINY NARZĘDZIOWEJ

Wojciechowski P.
Stowarzyszenie Bydgoski Klaster Przemysłowy Dolina Narzędziowa, Bydgoszcz, Polska

Streszczenie. Klastry w Europie znane są od kilkudziesięciu lat. W Polsce również zdobywają w ostatnich latach coraz większą popularność. Występują one w wielu branżach. Zrzeszają zarówno przedsiębiorstwa, jednostki naukowe, a także instytucje otoczenia biznesu. Ich działalność może być prowadzona w oparciu o różne formy prawne. W krajowym porządku prawnym nie ma instytucji klastra, dlatego ich koordynatorem może być stowarzyszenie, fundacja czy spółka prawa handlowego. Mogą one również funkcjonować w oparciu o porozumienie czy umowę cywilnoprawną. Jednakże wśród bardziej rozwiniętych organizacji może to powodować różnego rodzaju problemy. Należy również rozróżnić pojęcie klastra, inicjatywy klastrowej i organizacji klastrowej (koordynatora), które w codziennym języku stosowane są zamiennie.
Jedną z najbardziej popularnych form prawnych koordynatorów klastrów w Polsce jest stowarzyszenie. W niniejszym artykule przedstawiona jest ta właśnie forma, na przykładzie praktycznej działalności jednego z Krajowych Klastrów Kluczowych – Bydgoskiego Klastra Przemysłowego Doliny Narzędziowej.
Słowa kluczowe: klaster, inicjatywa klastrowa, organizacja klastrowa, koordynator klastra, stowarzyszenie.

WPROWADZENIE

Klastry w Europie znane są od kilkudziesięciu lat. W Polsce również zdobywają w ostatnich latach coraz większą popularność, zarówno w obszarze biznesu jak i nauki. Wśród prac naukowych można znaleźć wiele opracowań dotyczących wielu sfer działalności klastrów – innowacyjności, przedsiębiorczości czy internacjonalizacji. Zdecydowanie mniej miejsca poświęca się kwestiom członkowskim, ich dobrze czy formie prawnej koordynatorów. Mogą one funkcjonować w formule nieformalnej (porozumienia) jak i sformalizowanej. Tematyka ta i wybór właściwej formuły jest istotny z praktycznego punktu widzenia – ma wpływ na powstanie i rozwój organizacji klastrowych. W Polsce możliwe są różne formy prawne działalności koordynatorów (stowarzyszenia, fundacje, spółki kapitałowe). Celem artykułu jest przedstawienie jednej z form prawnych koordynatora klastra – stowarzyszenia, na przykładzie Bydgoskiego Klastra Przemysłowego Doliny Narzędziowej.

DEFINICJA I ISTOTA KLASTRA

Mimo, iż w literaturze można znaleźć poglądy, że pierwsze klastry występowały w starożytności [1], w zdecydowanej większości interpretacji początki idei klasteringu związane są z A. Marshallem, który w 1890 r. opisał zjawisko powstawania regionalnych skupisk przedsiębiorstw tej samej branży lub pokrewnej, nazywając je dystryktem przemysłowym [2, 3]. Kolejnym etapem ewolucji idei kooperacji były włoskie dystrykty przemysłowe, które rozwinęły i uzupełniły koncepcje marshallowskiego dystryktu przemysłowego [4, 5]. Jednak największą popularność klastry uzyskały w wyniku prac M. Portera, który w 1990 r. opublikował „The Competetive of Nations". Definicja klastra opracowana przez Portera jest też najbardziej znaną, gdzie klaster jest definiowany jako: „Geograficzne skupisko wzajemnie powiązanych firm, wyspecjalizowanych dostawców, jednostek świadczących usługi, firm działających w pokrewnych sektorach i związanych z nimi instytucji w poszczególnych dziedzinach, konkurujących ze sobą, ale także współpracujących" [6]. Od tego momentu klastry i ich rola zaczęły zdobywać coraz większą popularność zarówno naukową, jak i biznesową.

Współpraca przedsiębiorstw jest przedmiotem zainteresowania różnych dziedzin nauki – głównie ekonomii, geografii ekonomicznej, socjologii, nauk o polityce i nauk o zarządzaniu i jakości).

Oprócz najpopularniejszej porterowskiej definicji klastra na przestrzeni lat opracowanych zostało wiele innych określeń, które można odnaleźć w literaturze (por. Tabela 1) w tym obok pojęcia klaster pojawiają się: inicjatywa klastrowa oraz organizacja klastrowa.

TABELA 1. Wybrane definicje klastrów

AUTOR	DEFINICJA
M. Gorynia, B. Jankowska	Klaster to grupa przedsiębiorstw i innych podmiotów (stowarzyszenia, izby przemysłowo-handlowe, placówki naukowe itp.), która odznacza się czterema cechami [7]: – bliskość geograficzna lokalizacji; – ponadprzeciętna intensywność różnorodnych związków (relacji) pomiędzy firmami (podmiotami) należącymi do klastra w porównaniu z firmami (jednostkami) nienależącymi do klastra; – charakter związków między podmiotami wybiegający w znacznym stopniu poza relacje typowo rynkowe (konfrontacyjne, rywalizacyjne); – występowanie korzyści wspólnej lokalizacji i kooperacji w ramach tej grupy firm (zewnętrzne korzyści skali, efekt synergii, pozytywne efekty zewnętrzne, efekty dyfuzji itp.
OECD	Skupienie na danym obszarze powiązanych ze sobą (pionowo i/lub poziomo) przedsiębiorstw działających w tym samym sektorze (przemysłu lub usług) wraz z powiązanymi instytucjami [8].
European Commission	Klastry to grupa niezależnych przedsiębiorstw i powiązanych z nimi instytucji, które [9]: – kooperują i konkurują – są skoncentrowane geograficznie w jednym lub kilku regionach chociaż klaster może mieć nawet zakres globalny – specjalizują się w określonej dziedzinie, są połączone wspólnymi technologiami i umiejętnościami – obejmują branże nowoczesne (oparte na nauce) lub tradycyjne – mogą być zinstytucjonalizowane (kiedy posiadają koordynatora) lub niezinstytucjonalizowane.
M. Enright	Zbiór powiązanych ze sobą przedsiębiorstw, reprezentujących ten sam lub zbliżony sektor przemysłu lub usług, położonych na tym samym obszarze (w geograficznej bliskości) [10].
P. Cooke	Geograficzne skupisko firm, pomiędzy którymi występują powiązania poziome i pionowe, firmy te współpracują i

	konkurują ze sobą w ramach określonego segmentu rynku, korzystają ze wspólnej lokalnej infrastruktury i utożsamiają się z tą samą wizją rozwoju branży i regionu [11].
T.J. Roelandt, P. den Hertog	Klastry można scharakteryzować jako sieci silnie współzależnych przedsiębiorstw (w tym wyspecjalizowanych dostawców) powiązanych ze sobą w łańcuchu wartości dodanej [12].

Źródło: opracowanie własne

Inicjatywę klastrową definiuje się natomiast jako zorganizowane działanie mające na celu intensyfikację wzrostu i konkurencyjności klastrów w regionie angażujące firmy klastrowe, rząd oraz/lub środowisko badawcze [13]. Jest to swego rodzaju zinstytucjonalizowana forma współpracy grup podmiotów, podejmujących określone działania, które mogą być współfinansowane z różnych źródeł. Bardzo często kolejnym i naturalnym etapem rozwoju jest utworzenie organizacji klastrowej, czyli odrębnego podmiotu zarządzającego i koordynującego prace członków inicjatywy klastrowej, czy firm działających na obszarze klastra - koordynatora.

W praktyce i codziennej działalności definicja klastra, inicjatywy klastrowej czy organizacji klastrowej, bardzo często stosowana jest zamiennie. Ma to miejsce również w literaturze przedmiotu czy dokumentach administracji różnego szczebla: lokalnych, regionalnych, krajowych, a także na poziomie Unii Europejskiej. Dlatego też autor w niniejszym artykule również będzie stosował ww. pojęcia zamiennie mając na myśli organizację klastrową.

W polskim systemie prawnym nie funkcjonuje przewidziana dla klastrów forma prawna. Nie istnieje ustawa o klastrach, tak jak ma to miejsce chociażby w przypadku stowarzyszeń czy fundacji – klaster nie jest więc formą prawną, nie ma osobowości prawnej czy nie jest też ułomną osobą prawną. Dlatego też mogą one działać w określony i wybrany przez siebie sposób – nieformalny, jako porozumienie o współpracy różnych podmiotów (przedsiębiorstw, jednostek B+R, uczelni wyższych, instytucji otoczenia biznesu, itp.) lub sformalizowany – w formie stowarzyszenia, fundacji czy spółki kapitałowej (w Polsce najczęściej spółki z ograniczoną odpowiedzialnością). Spotykanym rozwiązaniem jest również takie, w którym to koordynatorem jest jednostka B+R lub duże przedsiębiorstwo będące członkiem klastra. Wynika to z faktu, iż klastry są pojęciem w głównej mierze ekonomicznym, a nie prawnym. Rozwiązania występujące w Polsce są zbieżne z sytuacją mającą miejsce w zdecydowanej większości państw europejskich – wyjątkiem są na tym polu między innymi Litwa, Hiszpania, Francja czy Rumunia, gdzie definicje klastrów zostały włączone do systemu prawnego [14].

Jednakże wraz z rozwojem danego klastra, rozszerzaniem aktywności i realizowanych działań (inicjatyw), a także z praktycznego punktu widzenia, brak sformalizowania działań może rodzić szereg problemów – głównie brak możliwości pozyskiwania dofinansowań na realizację działań. Dlatego też naturalną drogą rozwoju jest to, że przedsiębiorstwa i inne organizacje zaangażowane w działalność klastra powołują podmiot będący jego koordynatorem, który posiada osobowość prawną. Ponadto jest to swego rodzaju przeniesienie działań podmiotów tworzących inicjatywy klastrowe na wyższy poziom, pokazując, iż członkowie są już świadomi i chętni do wspólnego, bliższego działania, a zaufanie między nimi jest już na wyższym poziomie.

Do zadań koordynatora organizacji klastrowej należy reprezentowanie na zewnątrz jej członków, zarządzanie relacjami wewnętrznymi, ustalanie zasad uczestnictwa, świadczenie różnego rodzaju usług na rzecz członków, a także pobieranie składek członkowskich jeśli jest

to źródło finansowania działalności. W początkowym etapie rozwoju bardzo często organizacja klastrowa prowadzona jest przez jedną osobę, którą nazywa się animatorem, czy też managerem klastra. Na późniejszych etapach rozwoju organizacji, przy właściwym zarządzaniu, rośnie skala jej aktywności, następuję pogłębienie współpracy oraz rośnie liczba członków, co wymusza konieczność rozwoju zaplecza administracyjnego (powstaje biuro koordynatora), tworzone są dokumenty strategiczne oraz plany działania. W Polsce jest to również wymóg formalny przy ubieganiu się przez organizacją klastrową o status Krajowego Klastra Kluczowego (KKK) [15].

Każda ze wskazanych wcześniej form prawnych (stowarzyszenie, fundacja, spółka kapitałowa) ma swoje zalety i wady i może być przedmiotem oddzielnej analizy.

PROCES POWSTAWANIA BYDGOSKIEGO KLASTRA PRZEMYSŁOWEGO DOLINA NARZĘDZIOWA

W niniejszym artykule zostanie opisane funkcjonowanie koordynatora w formule stowarzyszenia, na przykładzie Bydgoskiego Klastra Przemysłowego Doliny Narzędziowej (BKP), który od 2016 r. posiada status Krajowego Klastra Kluczowego.

Powstanie BKP to inicjatywa mieszana – jednocześnie oddolna i odgórna. Na fali rosnącej popularności idei klasteringu w Polsce, na przełomie 2005 i 2006 roku, Urząd Miasta Bydgoszczy przeprowadził analizy ilościowe i jakościowe sektorów gospodarki i konkretnych branż, które są najbardziej rozwinięte w mieście i mogłyby stać się przedmiotem powołania klastra. Z analiz tych uzyskano informacje, iż jedną z najbardziej rozwiniętych branż jest branża narzędziowo-przetwórcza[1]. W kolejnym kroku odbył się cykl spotkań władz Miasta z branżowymi przedsiębiorcami oraz przedstawicielami nauki, a także prowadzone były badania ankietowe sprawdzające zainteresowanie udziałem w inicjatywie, oczekiwania oraz potencjał podmiotów. Działania te spotkały się z pozytywnym odbiorem. Jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy był fakt, iż branża formierska (narzędziowa) zrzeszona była już wcześniej w Związku Narzędziowców Regionu Bydgoskiego i znała zasady i korzyści wynikające ze wspólnego działania. Dodatkowo wśród pozostałych przedsiębiorców wzrastało przekonanie, iż w pewnych obszarach mogą uzyskać korzyści wyłącznie współpracując. W prace nad powołaniem BKP bardzo mocno zaangażowały się także władze ówczesnej Akademii Techniczno-Rolniczej (obecnie Politechniki Bydgoskiej), która posiadała rozwiniętą ofertę badawczą i edukacyjną dla przedmiotowej branży. Dlatego też uznać należy, iż inicjatorami powstania BKP byli przedsiębiorcy branży narzędziowo-przetwórczej, a także Akademia Techniczno-Rolnicza oraz władze Miasta Bydgoszczy. Dodatkowo ważną rolę wspierającą w początkowym okresie odgrywała jedna z lokalnych instytucji otoczenia biznesu – Pracodawcy Pomorza i Kujaw.

Porozumienie intencyjne o utworzeniu Bydgoskiego Klastra Przemysłowego (BKP) zostało podpisane 28 września 2006 roku. Sygnatariuszami było 28 podmiotów, wśród których znalazły się branżowe przedsiębiorstwa, uczelnie wyższe, instytucje otoczenia biznesu, banki oraz Miasto Bydgoszcz. Zdecydowana większość przedsiębiorstw to były podmioty sektora MŚP. Rolę koordynatora w początkowym okresie realizowali Pracodawcy Pomorza i Kujaw.

Kolejnym etapem rozwoju było podjęcie decyzji o powołaniu oddzielnego podmiotu, który będzie koordynatorem. Jako formę prawną wybrano stowarzyszenie rejestrowane, któremu nadano nazwę Bydgoski Klaster Przemysłowy. Rejestracja w Krajowym Rejestrze Sądowym (KRS) miała miejsce 25 września 2007 roku.

Pierwszy Statut uchwalony przez Komitet Założycielski i następnie zarejestrowany w KRS jako główny cel zakładał doprowadzenie do takich zmian organizacyjno-techniczno-

[1] Branża ta jest rozumiana jako podmioty zajmujące się wytwarzaniem narzędzi do przetwórstwa tworzyw sztucznych oraz przetwórstwem tworzyw polimerowych (produkcja różnego rodzaju przedmiotów z tworzyw sztucznych)

technologicznych wśród Członków BKP, które przy ich aktywnym udziale i przy wsparciu władz administracyjnych i samorządowych umożliwią wypromować region kujawsko-pomorski jako jeden z wiodących regionów w Europie w branży przetwórstwa tworzyw sztucznych i produkcji narzędzi, dostarczający produkty i usługi na poziomie porównywalnym z przodującymi krajami w tej dziedzinie [16].

Uznano, iż cel ten BKP będzie realizował poprzez:

a. podejmowanie działań na rzecz stwarzania dogodnych warunków do rozwoju przedsiębiorstw w regionie,
b. prowadzenie działań zmierzających do polepszania istniejącej bazy produkcyjnej,
c. wspieranie i promocję członków BKP,
d. propagowanie, wspieranie i rozwój badań we współpracy z jednostkami naukowo-badawczymi i centrami badawczo-rozwojowymi,
e. nawiązanie współpracy z uczelniami wyższymi i szkołami ponadgimnazjalnymi w celu szkolenia i pozyskiwania odpowiednio wykwalifikowanych kadr oraz pozyskiwania koncepcji i rozwiązań rozwijających sektor,
f. nawiązywanie współpracy z firmami, kontrahentami, klastrami i innymi organizacjami w kraju i zagranicą,
g. przyciąganie inwestorów zagranicznych,
h. współpracę z administracją państwową, jednostkami samorządu terytorialnego,
i. wpływanie na politykę gospodarczą rządu polskiego w sprawach dotyczących rozwoju przemysłu i branży,
j. współpracę pomiędzy firmami i pozostałymi podmiotami oraz instytucjami zrzeszonymi w Klastrze,
k. działania zmierzające do poprawy konkurencyjności przedsiębiorstw w oparciu o przedsięwzięcia zwiększające ich innowacyjność,
l. kształtowanie postaw innowacyjnych,
m. działania na rzecz zwiększania sprawności wdrażania nowoczesnych rozwiązań w gospodarce,
n. pozyskiwanie środków finansowych wspierających rozwój BKP i jego członków,
o. promocję marki BKP i produktów oferowanych przez jego członków,
p. działania na rzecz tworzenia nowych miejsc pracy.

Statut, w zgodzie z regulacjami Ustawy Praw o Stowarzyszeniach, wyróżnia dwa typy członkostwa – członków zwyczajnych i wspierających [17]. Członkiem Zwyczajnym może być obywatel polski lub cudzoziemiec, także nie mający miejsca zamieszkania na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, mający pełną zdolność do czynności prawnych i nie pozbawiony praw publicznych, który złoży pisemną deklarację i otrzymał dwie rekomendacje Członków BKP. Polskie lub zagraniczne osoby prawne oraz polskie lub zagraniczne jednostki organizacyjne posiadające zdolność prawną oraz zdolność do czynności prawnych, deklarujące pomoc w realizacji celów BKP, mogą być Członkami Wspierającymi po złożeniu pisemnej deklaracji i otrzymaniu dwóch rekomendacji Członków BKP. Dokument reguluje również prawa i obowiązki poszczególnych typów członków, a także kwestie zakończenia i pozbawienia członkostwa.

Szczegółowo uregulowane są także kwestie władz stowarzyszenia, ich obowiązków i sposobu podejmowania decyzji. Wśród władz wyróżnia się: Walne Zebranie Członków, Zarząd oraz Komisję Rewizyjną.

Walne Zebranie Członków jest najwyższa władzą BKP, uczestniczą w nim wszyscy członkowie i odbywa się nie rzadziej niż raz w roku. Do kompetencji Walnego Zebrania Członków należy:

a. określanie kierunków rozwoju działalności BKP,
b. dokonywanie zmian statutu,

c. określenie liczby członków zarządu na daną kadencję,
d. wybór Zarządu i Komisji Rewizyjnej,
e. określanie wysokości składki członkowskiej oraz innych, poza składką członkowską, świadczeń na rzecz BKP oraz ich wysokości i częstotliwości opłacania,
f. udzielanie absolutorium dla Zarządu,
g. rozpatrywanie i zatwierdzanie sprawozdań finansowych przygotowywanych przez Zarząd, sprawozdań z działalności Zarządu, Komisji Rewizyjnej i Dyrektora Zarządzającego BKP,
h. podejmowanie uchwał w sprawie rozporządzania majątkiem BKP,
i. podjęcie uchwały o rozwiązaniu BKP i przeznaczeniu jego majątku.

W okresie pomiędzy Walnymi Zebraniami Członków działalnością BKP kieruje Zarząd BKP. Zarząd składa się z 3 do 7 członków, a jego kadencja trwa 4 lata. Do właściwości Zarządu należy:

a. kierowanie działalnością BKP,
b. wykonywanie uchwał Walnego Zebrania Członków,
c. realizacja celów BKP,
d. akceptowanie planów i projektu budżetu BKP,
e. reprezentowanie BKP na zewnątrz,
f. zwoływanie i przygotowywanie Walnego Zebrania Członków,
g. przyjmowanie i skreślanie Członków,
h. decydowanie, na podstawie upoważnienia Walnego Zebrania Członków o przystępowaniu do innych organizacji,
i. wykonywanie zadań przewidzianych w statucie,
j. powoływanie komisji (grup roboczych) branżowych lub projektowych, którymi kieruje wybrany członek,
k. składanie Walnemu Zebraniu Członków sprawozdań ze swojej działalności,
l. wybór spomiędzy członków zarządu ~~nowego~~ Prezesa Zarządu lub Wiceprezesa Zarządu w przypadku ustąpienia Prezesa Zarządu lub Wiceprezesa Zarządu w trakcie kadencji.
m. opracowanie regulaminów niezbędnych do funkcjonowania BKP,
n. akceptacja znaku firmowego BKP.

Funkcje kontrolne w BKP sprawuje Komisja Rewizyjna. Składa się ona z 3 członków wybieranych przez Walne Zebranie Członków, a jej kadencja trwa 4 lata. Do kompetencji Komisji Rewizyjnej należy:

a. występowanie do Zarządu z wnioskami wynikającymi z ustaleń kontroli i żądanie stosownych wyjaśnień,
b. coroczne dokonywanie kontroli działalności merytorycznej i finansowej Zarządu w zakresie zgodności ich działania z przepisami prawa, statutem BKP i uchwałami Zebrania,
c. składanie sprawozdań na Walnym Zebraniu Członków BKP i zgłaszanie wniosku o udzielenie absolutorium Zarządowi.

Organizacyjno-merytoryczną i techniczno-biurową obsługę BKP zapewnia biuro Klastra. Jego pracami kieruje dyrektor zarządzający, którego powołuje i odwołuje Zarząd. Dyrektor Zarządzający ma prawo do brania udziału w posiedzeniach Zarządu i innych władz BKP z głosem doradczym i z prawem zgłaszania wniosków.

Statut reguluje także kwestie związane z majątkiem stowarzyszenia. Mogą go stanowić nieruchomości, ruchomości i fundusze, papiery wartościowe i dobra niematerialne. Majątek BKP powstaje:

a. z wpisowego (jeżeli jest ono pobierane),

b. ze składek członkowskich,
c. z darowizn, spadków i zapisów,
d. z dochodów z majątku BKP,
e. z dotacji i ofiarności publicznej,
f. z wpływów z działalności statutowej i gospodarczej.

Zyski z majątku BKP przeznaczone są na cele statutowe. Majątek BKP stanowi wspólną i niepodzielną własność członków. Utrata członkostwa nie uprawnia do roszczeń majątkowych. Stowarzyszenie prowadzi gospodarkę finansową oraz rachunkowość zgodnie z obowiązującymi w tym zakresie przepisami. Rokiem obrachunkowym Stowarzyszenia jest rok kalendarzowy. W zakończeniu Statutu znajdują się zapisy dotyczące ewentualnego rozwiązania i likwidacji organizacji.

Dokument ten na przestrzeni lat był kilkukrotnie aktualizowany jednakże podstawowe zapisy dotyczące typów członkostwa, celów czy zakresów obowiązków poszczególnych władz pozostała bez zmian. Najważniejsze zmiany jakie wprowadzono to modyfikacja nazwy na Bydgoski Klaster Przemysłowy Dolina Narzędziowa, rozpoczęcie prowadzenia działalności gospodarczej (wpis do rejestru przedsiębiorców), umożliwienie członkostwa podmiotom/osobom zagranicznym czy możliwość udziału w posiedzeniu władz przy wykorzystaniu środków komunikacji elektronicznej.

ZALETY I WADY FUNKCJONOWANIA ORGANIZACJI KLASTROWEJ W FORMIE STOWARZYSZENIA

Stowarzyszenie jest sformalizowaną formą prawną, pozwalającą jednak na uregulowanie wielu rzeczy bezpośrednio przez zainteresowanych uczestników i członków organizacji w Statucie. Tym samym „staje się" formą bardzo elastyczną ale nie dowolną. Z praktycznego punktu widzenia ważne jest, iż przedmiotowa forma prawna pozwala na sprawne zarządzanie organizacją, a z drugiej strony na pozyskiwanie zewnętrznych źródeł finansowania działalności. Co ważne, sprawdza się ona zarówno w małych organizacjach, jaką początkowo był BKP, a także przy dużej licznie członków i organizacji działającej na arenie europejskiej. Należy nadmienić, że od początku działalności BKP liczba członków wzrosła sześciokrotnie, wdrożony został certyfikat Gold Label Management Certyficate, a klaster jest członkiem 6 międzynarodowych sieci branżowych. Forma Stowarzyszenia pozwala także na ustanowienie wewnętrznych struktur – zespołów doradczych, rad konsultacyjnych, które są niezbędne w sprawnym i profesjonalnym prowadzeniu działalności klastrów. Ta elastyczność jest również ważna w przypadku organizacji stawiających sobie za cel uzyskanie statusu Krajowego Klastra Kluczowego – procedura uzyskania takiego statusu nie jest i przy każdym konkursie ulega licznym zmianom czemu muszą sprostać koordynatorzy klastrów.

Nieustanne zmiany występują także w otoczeniu gospodarczym, w którym działają klastry, co ma oczywiście wpływ na działalność koordynatorów i zakres działań jakie muszą prowadzić – np. cyfryzacja [18]. Jest to także nierozerwalnie związane ze zmieniającymi się wymaganiami i oczekiwaniami ze strony członków. Widoczne jest to szczególnie w czasach zagrożeń i niepewności – w ostatnich latach można się było o tym przekonać podczas pandemii Covid, gdzie klastry w skali regionalnej, krajowej ale i europejskiej odegrały niezwykle istotną rolę [19]. Zarówno w odtwarzaniu i budowaniu od nowa łańcuchów dostaw, konsultacji dokumentów prawnych, ale także i wsparciu podmiotów medycznych [20, 21, 22].

Dlatego też wybór formy prawnej koordynatora i dobór właściwych członków jest niezwykle ważną decyzją na etapie początkowym działalności, która ma wpływ na dalszy rozwój organizacji i jej późniejsze sukcesy jak i problemy.

PODSUMOWANIE

Niniejszy artykuł przedstawia tylko jedną z możliwych form prawnych koordynatora klastra – stowarzyszenia. Przedstawiono ją na przykładzie Bydgoskiego Klastra Przemysłowego Doliny Narzędziowej. Istotnym wydaje się dalsze pogłębianie analiz nad zagadnieniem działalności koordynatorów klastrów w Polsce – ich form prawych czy sposobach i metodyce doboru członków. W kolejnym etapie badań interesującym byłoby porównanie polskich wyników z rozwiązaniami występującymi w innych państwach europejskich czy pozaeuropejskich. Mogłoby się przyczynić do wyboru optymalnej formy i formuły działalności koordynatorów, a tym samym dynamicznego rozwoju organizacji klastrowych.

Bibliografia:

1. Skawińska E., Zalewski R., Klastry biznesowe w rozwoju konkurencyjności i innowacyjności regionów. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2009.
2. Kowalski A.M., Znaczenie klastrów dla innowacyjności gospodarki w Polsce. Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa 2013.
3. Mikołajczyk B., Kurczewska A., Fila J., Klastry na świecie, studia przypadków. Wydawnictwo Difin, Warszawa 2009.
4. Lis, A., Współpraca w inicjatywach klastrowych. Rola bliskości w rozwoju powiązań kooperacyjnych. Politechnika Gdańska, 2018.
5. Lis M. A., Lis A., Zarządzanie kapitałami w klastrach. Kapitał społeczny, kulturowy, ekonomiczny i symboliczny w strukturach klastrowych. Wydawnictwo Difin, Warszawa 2014.
6. Porter M., O konkurencji. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2001.
7. Gorynia M., Jankowska B., Klastry a międzynarodowa konkurencyjność i internacjonalizacja przedsiębiorstwa. Wydawnictwo Difin, Warszawa 2008.
8. OECD, Clusters in Transition Economics, OECD LEED Programme. 2004
9. European Commission – Enterprise Directorate General. Final report of the expert group on enterprise cluster and networks, 2003.
10. Enright M.J, Why Local Clusters Are the Wayto Win the Game, World Link, 1992.
11. Cooke P., Knowledge economic: Clusters, learnings and cooperative advantage, 2002.
12. Roelandt T.J., Den Hertog P., Cluster Analysis and Cluster-Based Policy Making in OECD Countries: An Introduction to the Theme, 1999.
13. Sölvell, Ö., Lindqvist, G., & Ketels, C., The cluster initiative Greenbook. Ivory Tower Publishers, Stockholm 2003.
14. Definicja klastra w kontekście uregulowań prawnych wybranych krajów unijnych i pozaunijnych, Raport końcowy, Polska Agencja Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2019.
15. https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologia/konkurs-o-status-krajowego-klastra-kluczowego (data wejścia: 14.05.2024).
16. Statut Stowarzyszenia Bydgoski Klaster Przemysłowy Dolina Narzędziowa.
17. Ustawa z dnia 7 kwietnia 1989 r. Prawo o Stowarzyszeniach (tekst jednolity Dz.U. z 2020 r., poz. 2261).
18. Kowalski A.M., Moskwa A., Wojciechowski P., Parzuchowski J., Rynkiewicz S., Cyfryzacja łańcuchów wartości w klastrach. Fundacja Platforma Przemysłu Przyszłości, Radom 2021.
19. Citkowski, M. (2020). Zerwane łańcuchy wartości – ważny czas dla polskich klastrów. Uniwersytet w Białymstoku, https://uwb.edu.pl/aktualnosci/zerwane-lancuchy-

wartosci-wazny-czas-dla-polskich-klastrow-ekspert-z-uwb-o-sile-wspolpracy-w-czasach-pandemii-5165.html (data wejścia: 11.05.2024)
20. https://raportcsr.pl/wspolny-wysilek-w-walce-z-covid19/?fbclid=IwAR1LxqNrcpnMjTFRVKkSQ140HCOVY7BWNvX8PkUsKbFYGycaLc7NZm7eiqo (data wejścia: 11.05.2024).
21. https://raportcsr.pl/jak-bydgoski-klaster-przemyslowy-pomaga-w-czasie-pandemii/ (data wejścia: 11.05.2024).
22. Gorynia M., Kuczewska J., Zmiany wywołane pandemią COVID-19 w sektorze MŚP i ich wpływ na realizację procesów biznesowych, PWE S.A., Warszawa 2023.

МЕТОД ПРОЄКТІВ У ФОРМУВАННІ ПРАВОПИСНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ-ПОЛОНІСТІВ

Войталюк С.
Хмельницький національний університет, Україна

Анотація. У статті висвітлено важливість продуктивних інноваційних технологій в організації навчального процесу, розглянуто можливості застосування методу проєктів у процесі навчання польської мови як іноземної, наведено приклади проєктних завдань. Описано сутність методу проєктів, що дозволяє здійснювати навчання через практичні дії та реалізацію проектів, активізуючи навчальний процес та сприяє глибшому та практичному засвоєнню знань. Розглянуто етапи: планування, дослідження, розробка концепції, створення матеріалів, виконання завдань, оцінювання, презентація, обговорення, які допомагають структурувати роботу над проєктом та забезпечити систематичний підхід до досягнення поставлених цілей та можливості застосування проєкту під час формування правописної компетентності студентів-полоністів. Визначено вплив методу проєктів на результат навчальної діяльності у формуванні правописної компетентності студентів-полоністів – це активне навчання, практична спрямованість, розвиток творчих, правописних та комунікативних навичок, створення мотивації до навчання. У статті зазначено ефективність застосування проєктної технології при вивченні орфографії польської мови як іноземної, яка сприяє активному розвитку комунікативних, орфографічних навичок студента-полоніста, а також дозволяє студенту виявити дослідницькі та творчі здібності, активність та самостійність у виконанні завдань.
Ключові слова. Проєкт, складники проекту, метод проєктів, правопис, правописна компетентність, студент-полоніст, орфографія польської мови.

Сучасна система освіти у зв’язку з розвитком інформатизації суспільства вимагає нового підходу до методів викладання, активного впровадження найбільш продуктивних інноваційних технологій в організацію навчальної діяльності. Головна мета освіти – розвиток творчих можливостей студента, уміння самостійно мислити, уміння знаходити потрібну інформацію, правильно оцінювати свої досягнення. У сьогодніших умовах філологічна освіта є дуже важливою, особливо у контексті підготовки перекладачів та вчителів польської мови, сприяючи розвитку міжнародного спілкування, культурного обміну та інтелектуального розвитку суспільства.

Організація процесу навчання польської мови як іноземної в сучасних умовах передбачає вибір викладачем найбільш ефективних методів, форм та засобів навчання, спрямованих на активізацію роботи кожного студента, обов’язково заняття повинно містити елементи творчості, застосування індивідуальної та групової форм роботи.

Для різних видів діяльностей наковці виділяють різні види компетентності, спрямовані на здобуття філологічних знань, формування практичних, комунікативних, когнітивних навичок, але для майбутнього філолога важливою є правописна компетентність. Підвищення правописної компетенції студентів-полоністів – одне з основних завдань методики викладання польської мови. Студенти допускають орфографічні помилки в завданнях не тому, що не можуть сформулювати орфографічне правило, а тому, що не можуть застосувати його на практиці. Таким чином, потрібно навчити студентів-полоністів бачити свої помилки, виробити орфографічну пильність, домогтися орфографічного мислення.

Існують різні технології, методи, засоби навчання і кожен з них має свої переваги та особливості, але ми вважаємо, що особливої актуальності у наш час набуває проєктна діяльність студентів, тому що проєктна діяльність може суттєво сприяти усвідомленню студентами важливості правильного написання слів. Цей підхід дозволить студентам

застосовувати свої знання в реальних практичних завданнях, що підвищить їхню мотивацію та активність у процесі навчання орфографії польської мови.

Метод проєктної діяльності займає особливе місце серед сучасних технологій в освіті, яке полягає у самостійному здобутті студентами знань у процесі практичної діяльності, у використанні творчого підходу для вирішення поставлених завдань. Метод проєктів сприяє у формуванні правописних навичок студентів-полоністів.

Метод проєктів набуває популярності і стає ефективним засобом управління та організації навчального процесу. Існує вже багато напрацювань із цієї галузі, це роботи таких авторів як З. Бакум «Проектні технології в підготовці вчителів-словесників» [1], В. Вітюк «Проєктна діяльність у процесі формування правописної компетентності майбутніх учителів НУШ» [2], О. Косогова «Метод проєктів у практиці сучасної школи» [2], Л. Савченко «Проектна діяльність в практиці вищої педагогічної школи» [3], С. Сисоєва «Особистісно-орієнтовані педагогічні технології: метод проектів» [4], Н. Солодюк «Формування проектної діяльності студентів» [5]. Ці напрацювання спрямовані на вдосконалення та оптимізацію використання методу проєктів в навчальному процесі.

З. Бакум зазначає, що «проєкти – специфічна технологія, що синтезує навчальну, дослідницьку, конструктивну, творчу діяльність і значно розширює простір професійної компетентності майбутніх учителів-словесників» [1, с. 419]. Науковиця підкреслює важливість проєктної діяльності у навчанні майбутніх учителів. Проєкти дійсно сприяють синтезу різних аспектів навчання, дослідження, конструктивної та творчої діяльності, що дозволяє розширити простір професійної компетентності студентів. Це особливо важливо в контексті вивчення та розвитку правописної компетентності, оскільки проєктна робота дозволяє студентам-полоністам застосовувати свої знання та навички у реальних ситуаціях, що збагачує їхній досвід та підвищує професійну майстерність.

С. Сисоєва стверджує, що «не можна розглядати проєктну діяльність як чіткий алгоритм, оскільки це процес творчого мислення й прийняття рішень» [5, с. 242]. Проєктна діяльність не є простим алгоритмом, але складним процесом, що вимагає від студентів активної участі, пошуку рішень і творчого підходу до вирішення завдань. Це особливо важливо в контексті навчання орфографії польської мови, оскільки студенти повинні проявляти творчість, уміння приймати рішення та виконувати завдання проєкту. Такий підхід сприяє розвитку їхнього критичного мислення, самостійності та професійних навичок.

Отже, метод проєктів – це підхід до навчання, який базується на розвитку студентської активності та самостійності шляхом реалізації проєкту. Основна ідея полягає в тому, щоб здобувачі не лише отримували знання, а й застосовували їх у практичних завданнях. Так, у процесі вивчення дисципліни «Практичний курс польської мови» для студентів ІІ курсу спеціальності 035 Філологія «Польська мова і література, друга мова – англійська» Хмельницького національного університету пропонуємо виконати проєкт «Створення правописних довідників». Основна мета цього проєкту – створити практичні та зрозумілі довідники з правопису польської мови, які студенти зможуть використовувати для вивчення та перевірки своїх знань. Зібрану інформацію студенти фіксували на електронних і паперових носіях, висвітлювали у групі, аналізували термінологію, добирали відповідники, аргументували правопис складних слів, аналізували результати і представляли свої висновки та рішення. Цей метод сприяє розвитку різних навичок студентів, таких як комунікація, співпраця, критичне мислення, творчість та проблемне мислення. Він також допомагає збільшити мотивацію до навчання, оскільки вони беруть активну участь у процесі і мають можливість реалізувати свої ідеї.

Метод проєктів дуже близький до проблемного методу, оскільки також передбачає вирішення будь-якої проблеми в процесі навчання, схожі та виділені етапи в обох методах (визначається проблема, розробляється план роботи з її вирішення, ставиться мета роботи та позначається результат, який планується одержати). Варто зазначити, що під час вивчення польської орфографії, для вирішення поставленої проблеми, цей метод у процесі навчання стає найефективнішим, формується позитивна мотивація до навчання. Наприклад, для студентів-полоністів, які вивчають орфографію польської мови, можна запропонувати проєкт «Створення інтерактивних вправ для опанування орфографії польської мови», мета якого – створити інтерактивні вправи на сервісах Wizer, H5P, LearningApps; завдання – ознайомити з сервісами Wizer, H5P, LearningApps, активізувати знання про інтерактивний метод, виробити вміння створювати інтерактивні завдання, презентувати виконаний проєкт; очікувані результати – розміщення вправ на платформах і подальше використання у процесі навчання орфографії польської мови; етапи виконання – формування команди, розподіл ролей, розподіл завдань, виконання завдань, обговорення проміжних результатів, презентація готового проєкту, обговорення результатів проєкту; учасники – керівник, команда, дизайнер, студенти, учні (пасивні); термін виконання – 2-10 тижнів; графік виконання – 2 тиждень ознайомлення з темою, завданням, терміном; 3 тиждень – визначення ролей, розподіл завдань; 4-7 тиждень – створення вправ та розміщення на сервісі; 8 тиждень – обговорення проміжних результатів; 9 тиждень – розміщення вправ на платформах; 10 тиждень – презентація і обговорення проєкту:

1. Що було найскладнішим у створенні завдань на платформі?
2. Що для вас було найпростішим у створенні вправ?
3. Чи досягли тих результатів, які запланували на початку написання проєкту?
4. Чи змінили б ви щось у своєму проєкті?

Як стверджує О. Косогова, «проєкти варто спрямовувати на вирішення навчальних завдань – засвоєння програмного матеріалу» [3, с. 6]. У практиці викладання польської мови як іноземної та у процесі формування правописної компетентності – метод проєктів можна назвати універсальним, його можна використовувати до будь-якої теми та на різних етапах навчання. Важливою рисою проєктного навчання є те, що студенти можуть працювати над проєктом як індивідуально, так і у групі. У творчі колективи можуть групуватися як студенти із нищим рівнем знань, так і успішніші, відбувається диференціація завдань за складністю та обсягом. Кожен учасник команди отримує індивідуальне завдання, виконує свою частину роботи. Студентам пропонуються різні варіанти тем, види вправ. Завдання команди – колективно реалізувати поставлене завдання. Головною умовою – проблема, що досліджується у проєкті, має бути цікавою студентам, вони повинні розуміти його зміст. Проєкт обговорюється та вивчається, після його презентації на завершальному етапі також проводиться дискусія, що дозволяє студентам-полоністам застосувати на практиці отримані знання.

Проєктні завдання можуть мати пошуковий характер – знайти інформацію на задану тему і потім презентувати її на занятті. Для пошуку інформації використовуються різні інформаційні ресурси: інтернет, радіо, телебачення, газетні статті, художні тексти. Внаслідок такої проєктної діяльності студенти-полоністи навчаються самостійно збирати потрібну інформацію, набувають навичок роботи з великим обсягом інформації вчаться аналізувати, виділяти головне з прочитаного, складати свій власний текст та передавати інформацію щодо вивченої теми своїм одногрупникам, що ефективно впливає на формування правописної компетентності.

Використання методу проєктів для підвищення правописної компетентності може бути дуже ефективним підходом. Розглянемо етапи, які допомагають структурувати

роботу над проєктом та забезпечити систематичний підхід до досягнення поставлених завдань: *планування, дослідження, розробка концепції, створення матеріалів, виконання завдань, оцінювання, презентація, обговорення.*

Планування проєкту є одним з найважливіших, оскільки на цьому етапі визначаються основні напрямки та завдання проєкту.

1. Визначення теми та мети, потрібно ретельно обговорити з учасниками проєкту тему та мету роботи. Чітко сформулювати, чого саме хочемо досягти через цей проєкт.
2. Аналіз потреб, визначити, які саме потреби вирішує проєкт, які знання чи навички повинні отримати учасники після завершення проєкту.
3. Визначення завдань та цілей, розділити загальну мету на конкретні завдання та цілі, які потрібно досягти, завдання повинні бути SMART (конкретні, вимірювані, досяжні, реалістичні, обмежені за часом).
4. Розподіл ролей та відповідальності, визначити, хто буде відповідальний за кожне завдання та які ролі відводяться кожному учаснику проєкту.
5. Розроблення графіку робіт з урахуванням визначених завдань та цілей, встановлення часових рамок для кожного етапу проєкту.
6. Визначення можливих ризиків, які можуть виникнути під час реалізації проєкту, розроблення стратегій їх коригування.
7. Затвердження плану, після ретельного обговорення з усіма учасниками проєкту, необхідно затвердити план та переходити до наступних етапів роботи.

Етап дослідження у проєкті включає в себе ретельний аналіз та збір інформації, необхідної для досягнення мети та вирішення поставлених завдань. Основні кроки на цьому етапі – це чітке формулювання дослідницького питання, яке визначатиме напрямок дослідження; пошук джерел інформації – аналіз наукової та практичної літератури, інтернет-ресурсів, статистичних даних та інших джерел, що стосуються обраної теми; ретельний аналіз зібраної інформації з урахуванням дослідницького питання та поставлених завдань; визначити, які методи дослідження будуть найбільш ефективними для вирішення дослідницького питання (анкетування, спостереження, інтерв'ю, аналіз документів тощо); проаналізувати та інтерпретувати отримані результати дослідження, звертаючи увагу на їхню значущість для проєкту; підготування звіту про результати дослідження, який включатиме в себе обґрунтування знайдених висновків та рекомендації для подальшої роботи.

Етап розробки концепції в проєкті є ключовим, оскільки саме тут визначаються основні напрямки і принципи його реалізації. Визначити і сформулювати основні принципи, на яких буде базуватися проєкт; створення концептуальної моделі проєкту, в якій чітко визначені всі його складники та взаємозв'язки між ними, визначити стратегію реалізації проєкту, включаючи плани дій, визначення ресурсів, графік робіт та інші аспекти; визначити цільову аудиторію і її потреби та очікування; розробити стратегії комунікації, як відбуватиметься спілкування з цільовою аудиторією та іншими зацікавленими сторонами, щоб забезпечити ефективну реалізацію; планування ресурсів для проєкту, включаючи фінансові, матеріальні, людські та інші ресурси; визначити критерії успішності, які допоможуть вам відстежувати та оцінювати його результати.

Етап створення матеріалів в проєкті включає: визначення потреб цільової аудиторії та визначення того, які саме матеріали будуть корисні для досягнення поставлених цілей проєкту; створення концепції та структури матеріалів, які відповідають цілям та завданням проєкту, створення вмісту – це написання текстів, розробка вправ, створення ілюстрацій або графіків, які будуть включені до матеріалів; дизайн та оформлення матеріалів таким чином, щоб вони були привабливими та

зрозумілими для цільової аудиторії; перевірка створених матеріалів на відповідність поставленим цілям та завданням, а також на правильність інформації та орфографічні помилки; провести тестування матеріалів на предмет їхньої ефективності та зрозумілості для аудиторії; підготування матеріали до використання у практичній діяльності, забезпечивши доступність та зручність використання.

Етап виконання завдань є ключовим у проєкті, оскільки саме тут здійснюється практичне застосування матеріалів та методів, розроблених на попередніх етапах проєкту. Основні кроки: поділ завдань між учасниками проєкту відповідно до їхніх компетенцій та відповідальностей; початок виконання завдань згідно з розподіленим планом робіт, кожен учасник повинен бути відповідальним за свої завдання та виконувати їх у встановлені терміни; керівник проєкту повинен контролювати якість виконання завдань, перевіряти результати роботи, відстежувати відповідність вимогам та цілям проєкту; ефективна комунікація та взаємодія між учасниками для вирішення питань; внесення необхідних коректив та виправлення до виконаних завдань у разі виявлення помилок; провести оцінку результатів виконання завдань з урахуванням поставлених цілей та критеріїв успішності проєкту.

Етап оцінювання – це перевірка виконання завдань та результати роботи учасників проєкту згідно з поставленими критеріями успішності; ефективність реалізації проєкту з урахуванням виконаних завдань, використаних ресурсів та отриманих результатів; зворотний зв’язок з учасниками, аудиторією та зацікавленими сторонами для отримання їхньої думки та відгуків; ефективність та придатність використаних методів та підходів у процесі реалізації проєкту; висновки щодо результатів оцінювання та рекомендації для подальшого розвитку проєкту або подібних у майбутньому.

Етап презентації включає: підготовку всіх необхідних матеріалів для презентації, такі як слайди, графіки, таблиці, діаграми та інше; створення чіткої структури для презентації, включаючи вступ, огляд завдань та цілей проєкту, представлення результатів, висновки та рекомендації; визначення аудиторії, очікування та потреби; визначення часу та формату презентації (онлайн, офлайн, вебінар, конференція тощо); використання візуальних елементів, інтерактивність, історії та приклади, щоб зробити презентацію цікавою та запам’ятовуючою; зворотний зв’язок після презентації, де учасники зможуть задавати питання та висловлювати свої думки та враження.

Обговорення є важливим і завершальним етапом у процесі реалізації проєкту, де можна обговорити отримані результати, вислухати думки та враження учасників та зацікавлених сторін, а також зробити необхідні корективи та вдосконалення. Перед обговоренням потрібно підготувати необхідні матеріали, результати, презентації та іншу інформацію, щоб учасники були готові до обговорення і активно висловлювали свої думки, погляди та враження щодо результатів проєкту; створення конструктивного діалогу між учасниками обговорення, обміну ідеями та думками для знаходження оптимальних рішень та підходів; формулювання висновків та рекомендацій на основі обговорення, враховуючи думки та пропозиції учасників.

Розглянувши етапи створення і реалізації проєкту, можемо створювати власні, для формування правописної компетентності студентів-полоністів. Приклад проєктів, які можна використовувати у процесі навчання – це проєкт «Створення правописних довідників» (описано вище), де студенти можуть створювати власні правописні довідники з найчастіше вживаними словами, правилами правопису та прикладами вживання.

«Редакційний проєкт» – здобувачі переглядають та виправляють правописні помилки у текстах (на матеріалі газетних статей, фільмів) або створюють власні текстові матеріали з правильним правописом.

Проєкт «Створення орфографічних завдань» – студенти створюють орфографічні завдання для своїх однокурсників, де ті повинні виконати вправи: вставити пропущену літеру, написати слово з великої чи малої літери, написати частку «не» разом чи окремо. Наприклад, студенти I курсу спеціальності 035 Філологія «Польська мова і література, друга мова – англійська» Хмельницького національного університету виконували проєкт «Створення орфографічних завдань». Спочатку здобувачі отримала теми:

1. Zasady pisowni wyrazów z «ó» wymiennym, niewymiennym, z końcówkami -ów, -ówka, -ówna.
2. Zasady pisowni wyrazów z «u» w zakończeniach zdrabniających.
3. Utrwalenie i sprawdzanie pisowni wyrazów z «ó» i «u».
4. Zasady pisowni wyrazów z «rz» niewymiennym, wymiennym.
5. Pisownia wyrazów z «ż» wymiennym i niewymiennym.
6. Utrwalenie i sprawdzenie pisowni wyrazów z «rz» i «ż».
7. Pisownia wyrazów z «ch» wymiennym.
8. Pisownia wyrazów z «h» wymiennym.
9. Utrwalenie i sprawdzenie pisowni wyrazów z «ch».
10. Zasady pisowni wyrazów wielką i małą literą.
11. Zasady pisowni «nie» łącznie.
12. Zasady pisowni «nie» rozłącznie.

Потім студенти створювали вправи, оформлювали завдання включаючи таблиці, графіки, ілюстрації тощо; перевіряли правильність та зрозумілість завдань, коригували помилки та вдосконалювали вправи; проводили тестування завдань; впроваджували розроблені завдання у навчальний процес для активного тренування правописних навичках. Цей проєкт сприятиме покращенню правописної компетентності студентів та допоможе їм засвоїти правописні правила шляхом практичної роботи з завданнями.

Творчий проєкт «Правописні історії» – студенти можуть створювати творчі тексти або історії, де вони демонструють правильне вживання слів та правописні вміння. Також можна підготувати та провести вебінар або тренінг для своїх однокурсників з правопису, де вони будуть навчати правилам та виконувати вправи для покращення правописної компетентності. Створення правописного плакату або презентації з правилами правопису зі зразками помилок та їх виправленими варіантами. Правописні конкурси, де студенти демонструють свої знання та навички в цій сфері через ігровий формат. Використання онлайн-інструментів та платформ. Запропоновані проєкти сприятимуть активному вивченню та покращенню правописної компетентності студентів-полоністів через практичну діяльність та творчий підхід до навчання.

Так, наприклад, на кафедрі слов'янської філології Хмельницького національного університету діє науковий гурток «Kawusia z mleczkiem». Це розмовний клуб, де відбуваються заняття польською мовою з носіями мови, під час яких студенти можуть попрактикувати свої розмовні навички із запрошеними гостями з Польщі (перекладачами, викладачами, журналістами, науковцями). Метою гостьових занять є допомога здобувачам освіти покращити вимову, навички говоріння, розуміння почутого та аудіювання, що позитивно впливає на формування правописної компетентності.

Використання проєктної діяльності сприяє підвищенню ефективності навчання орфографії польської мови і формуванню правописної компетентності, оскільки студенти активно залучаються до процесу навчання через інтерактивність та цікаві завдання. Інтерактивні вправи стимулюють мотивацію студентів, оскільки вони сприймають навчання як цікаве завдання, що заохочує їх опанувати орфографію. Створення інтерактивних вправ дозволяє студентам навчатися взаємодіючи з матеріалом, що сприяє кращому засвоєнню та розумінню правил правопису. Після завершення проєкту студенти отримують практичний досвід та навички використання

орфографічних норм польської мови, що корисно для подальшої комунікації та професійного розвитку. Отже, проєкт «Створення інтерактивних вправ для опанування орфографії польської мови» є важливим і ефективним інструментом для формування правописної компетентності у студентів-полоністів, які вивчають польську орфографію.

Метод проєктів є дієвим інструментом у формуванні правописної компетентності студентів-полоністів. Проєктний підхід дозволяє активно залучити студентів до навчання, оскільки вони беруть участь у створенні власних навчальних матеріалів та розробці вправ. Студенти отримують практичний досвід застосування правил орфографії через розробку проєктів та інтерактивних вправ. Участь у проєктних діях сприяє підвищенню мотивації студентів до вивчення правопису, оскільки вони бачать практичну користь своєї роботи. За допомогою інтерактивних завдань та вправ студенти вивчають правила правопису у відкритому, ігровому середовищі, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу. Проєктна діяльність сприяє розвитку творчих навичок студентів, оскільки вони самостійно розробляють цікаві та ефективні методи навчання. Отже, використання методу проєктів в навчальному процесі студентів-полоністів є важливим кроком у формуванні їхньої правописної компетентності та загального розвитку.

Сптсок використаних джерел:

1. Бакум З. (2015). Проектні технології в підготовці вчителів-словесників. *Науковий вісник Криворізького державного педагогічного університету*. Філологічні студії. Кривий Ріг, 13.
2. Вітюк В. (2020). Проєктна діяльність у процесі формування правописної компетентності майбутніх учителів НУШ». *Гірська школа українських карпат*. № 22.
3. Косогова О. (2011). Метод проєктів у практиці сучасної школи. Серія «Нові педагогічні технології». Харків : Видавництво «Ранок».
4. Савченко Л. (2013). Проектна діяльність в практиці вищої педагогічної школи. Science and education a new dimension URL: http://scaspee.com/6/post/2013/01/11.html
5. Сисоєва С. (2002). Особистісно-орієнтовані педагогічні технології: метод проектів. *Неперервна професійна освіта: теорія і методика,* 1 (5).
6. Солодюк Н. (2013). Формування проектної діяльності студентів. *Вісник ЛНУ імені Тараса Шевченка*, 13 (272).
7. Розмовний клуб «Kawusia z mleczkiem» – це гармонія думки і слова. URL : https://ksf.khmnu.edu.ua/rozmovnyj-klub-kawusiazmleczkiem/

ZASTOSOWANIE KOMPOZYTÓW SORPCYJNYCH W ELEMENTACH FILTRACYJNYCH WODY, WYTWORZONYCH METODĄ FDM

Zabrowarny A.[1, 2], Macko M.[1], Sowiński A. D.[2, 3], Tarachowicz L. A.[2],
[1]Mechatronics Department, Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland
[2]Development Department, Partner Systems sp. z o.o., Człuchów, Poland
[3]Faculty of Science and Technology, University of Silesia, Poland

Streszczenie. Artykuł omawia potencjał kompozytów z węgla aktywnego i ABS w technologii druku 3D do zastosowań w filtracji wody, szczególnie w warunkach awaryjnych. Kompozyt łączy właściwości sorpcyjne z właściwościami biostatycznymi, co jest kluczowe dla systemów filtracyjnych, które są używane okresowo. Wyniki wstępnych badań wytworzonego kompozytu wykazują dziedziczenie właściwości dodatku funkcyjnego – węgla aktywnego, dzięki czemu możliwe jest potencjalne użycie takiego materiału w zastosowaniach w zaawansowanych systemach filtracji.
Praca skupia się na możliwościach wdrożeniowych kompozytu przy wykorzystaniu druku 3D w technologii FDM. W publikacji ujawniono pierwsze wyniki badań sorpcyjności kompozytu, a także zakres obecnie prowadzonych badań i dalsze kierunki rozwoju samego projektu.
Projekt dotyczący wytworzenia kompozytu przeznaczonego do druku 3D w technologii FDM będzie częścią pracy doktorskiej pt. „Opracowanie urządzenia do uzdatniania wody ze skażeń celowych w technologii przepływowej w warunkach polowych" realizowanej w ramach projektu Doktorat Wdrożeniowy.
Słowa kluczowe: druk 3D, FDM, filtracja wody, węgiel aktywny.

Wprowadzenie

Współczesne technologie filtracyjne stoją przed wyzwaniami związanymi z zapewnieniem efektywnej pracy, a tym samym bezpiecznej jakości wody, szczególnie w warunkach awaryjnych czy kryzysowych lub okresowego użytkowania systemów filtracyjnych. Innowacyjnym rozwiązaniem, które przejawia potencjał w tym kontekście, jest wykorzystanie nowatorskich materiałów kompozytowych posiadających właściwości sorpcyjne i biobójcze. Niniejsza praca skupia się na potencjale wdrożeniowym kompozytu złożonego
z węgla aktywnego i poli(akrylonitrylu-co-butadienu-co-styrenu) (ABS). Kompozyt wytwarzany w postaci filamentu do druku 3D w technologii Fused Deposition Modelling (FDM), łączy w sobie zalety węgla aktywnego, w tym zdolność do sorpcji zanieczyszczeń chemicznych, oraz biostatyczne właściwości wynikające z obecności związków srebra, miedzi i manganu.

Biostatyczność kompozytu ma szczególne znaczenie w kontekście systemów filtracji, które nie są używane ciągle, takich jak filtry do awaryjnego zaopatrzenia w wodę stosowane w siłach zbrojnych. Stojąca woda w systemach filtracyjnych narażona jest na ryzyko rozwoju zanieczyszczeń mikrobiologicznych, które mogą prowadzić do poważnych problemów zdrowotnych. Związki srebra, miedzi i manganu, obecne w kompozycie, zapewniają dodatkowe działanie antybakteryjne i antywirusowe, co jest kluczowe w zapobieganiu rozwojowi mikroorganizmów w wodzie, która pozostaje w systemie przez dłuższy czas bez przepływu.

Badania podkreślają, że zanieczyszczenia mikrobiologiczne w stojącej wodzie mogą obejmować szeroki zakres patogenów, od bakterii po wirusy i pierwotniaki, które są zdolne do przetrwania lub nawet proliferacji w niekorzystnych warunkach środowiskowych [1]. Skuteczność tradycyjnych metod kontroli, takich jak chlorowanie czy UV, może być ograniczona
w przypadku nieciągłego użytkowania filtrów, co stanowi dodatkowe uzasadnienie dla badania

i wdrożenia innowacyjnych materiałów, takich jak opisany kompozyt. Ponadto nowoczesne systemy filtracyjne oparte o technologię membranową takie jak mikrofiltracja czy odwrócona osmoza pracują z wykorzystaniem membran wykonanych z tworzyw sztucznych, np. polisulfonianów, które nie są odporne na chlor [2] powodujący ich degradację, co stanowi dodatkowe ograniczenie w stosowaniu chloru jako środka do konserwacji wody

Rozwój i implementacja nowego rodzaju kompozytowego filamentu do produkcji filtrów w technologii druku 3D może więc stanowić przełom w projektowaniu systemów filtracji wody w sytuacjach kryzysowych. Praca ta dąży do eksploracji potencjalnych aplikacji tego materiału w filtracji wody, ze szczególnym uwzględnieniem jego biostatycznych właściwości, które mogą znacząco przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa i skuteczności systemów filtracyjnych w wymagających warunkach eksploatacji.

Wytwarzanie kompozytu węglowo-polimerowego

Materiały

Do wytworzenia kompozytu zdecydowano się na użycie akrylonitrylu butadienu styrenu (ABS, Power Polymer Plast, Polska) jako bazy dla kompozytu ze względu na jego powszechną stosowalność w technologiach druku 3D FDM. Próby z użyciem polilaktydu (PLA) napotkały problemy techniczne, takie jak trudności z wytłaczaniem mieszanki oraz niezadowalająca dyspersja węgla, które skutkowały tworzeniem konglomeratów. W przeciwieństwie do PLA, ABS charakteryzuje się lepszą stabilnością parametrów przetwarzania, co umożliwia osiągnięcie odpowiedniej jakości filamentu. Odpowiednio dostosowane parametry wytwarzania dla ABS zapewniają optymalne rezultaty, co potwierdza jego wyższość jako materiału bazowego dla kompozytów w technologii FDM.

Do wytworzenia kompozytu został użyty węgiel aktywny DTX (Partner Systems, Polska), który jest specjalistycznym środkiem filtracyjnym wykorzystywanym w urządzeniach do uzdatniania wody w Siłach Zbrojnych Rzeczpospolitej Polski (SZ RP). DTX bazuje na węglu kamiennym, który w procesie impregnacji wzbogacany jest o związki srebra, miedzi i manganu. Parametry jakościowe użytego węgla[275] przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry węgla DTX

Parametr	**Jedn. miary**	**Metoda badawcza**	**Niepewność pomiaru**	**Wynik oznaczenia**
Zawartość wody	%	NO-46-A200:2022 p.3.1.2.	±0,1%	7,2
Gęstość nasypowa	g/dm^3	NO-46-A200:2022 p.3.1.3.	±2 g/dm^3	361,5*
Liczba metylenowa w stanie uziarnienia eksploatacyjnego	cm^3	NO-46-A200:2022 p.3.1.4.	±1 cm^3	40
Liczba jodowa w stanie uziarnienia eksploatacyjnego	g/g	NO-46-A200:2022 p.3.1.5.	±2%	0,92

*uśredniony wynik ze świadectwa badań

[275] Świadectwo z Badań nr 6/DT1/2023 próbki węgla DTX o oznaczeniu DTX 3/DT1/2023 wydane przez Laboratorium Badawcze Wojskowego Instytutu Techniki Inżynieryjnej we Wrocławiu

Co ważne węgiel charakteryzuje się bardzo wysoką aktywnością, o czym świadczy liczba metylenowa i jodowa. Wkłady filtracyjne z węglem tego typu używane są filtrach polowych SZ RP podczas tzw. uzdatniania specjalnego, tzn. w sytuacjach, gdy występuje ryzyko wystąpienia w wodzie zanieczyszczeń typu BST (Bojowe Środki Trujące). Wybór tego węgla do badania został podyktowany jego skutecznością.

Węgiel DTX w wersji produkcyjnej występuje w postaci granulek o uziarnieniu 0,385 – 0,750 mm, natomiast na potrzeby wytworzenia kompozytu węgiel został zmielony w ceramicznym młynie kulowym (MK.00.000, Partner Systems, Polska) z alumbitowymi kulami, a następnie przesiany na wytrząsarce sitowej. Do produkcji próbek wykorzystano frakcję <0,1 mm, tak uzyskany węgiel zawieszono w poliolu.

W niniejszym opracowaniu nie przedstawiono pełnego procesu produkcyjnego próbek, ponieważ jest to przedmiotem planowanego zgłoszenia patentowego.

Proces

Przygotowano masterbatcha, który był koncentratem zawierającym ABS, węgiel aktywny DTX i cykliczny heksamer glicydolanu potasu. W pierwszej kolejności wziętą ilość granulatu ABS umieszczono w odpowiednim pojemniku, do którego dodano węgiel aktywny i cykliczny heksamer glicydolanu potasu, starannie mieszając, aby uzyskać jednolitą mieszankę. W kolejnym etapie wykorzystano wytłaczarkę jednoślimakową do wytłaczania mieszanki w postaci granulatu, który posłużył jako masterbatch do dalszej pracy

W procesie wytłaczania wykorzystano wytłaczarkę ślimakową (Rys. 1). Przygotowane mieszanki były oddzielnie wprowadzane do zasobnika jednoślimakowej wytłaczarki pięciozakresowej o stosunku długości do średnicy (L/D) równym 25 PLV 151 (Brabender, Duisburg, Niemcy) i formowane w strunę za pomocą dyszy. W celu uplastycznienia materiału użyto następujących temperatur w poszczególnych strefach: I*—32 °C, II—240 °C, III—255 °C, IV—265 °C, V**—265 °C (*—zasobnik; **—głowica wytłaczająca).



Rys. 1. Wytłaczarka ślimakowa użyta do produkcji masterbatcha

Po wytłoczeniu filamentu, rozpoczęto proces chłodzenia, aby zapobiec deformacjom i zapewnić odpowiednią twardość. Uzyskany kompozyt w postaci filamentu przybrał barwę ciemnografitową (Rys. 2.). Wytworzony filament stał się wyraźnie bardziej kruchy w porównaniu do filamentu z ABSu bez dodatku węgla.



Rys. 2. Próbka kompozytu w postaci filamentu

Druk 3D

Z uzyskanego kompozytu wydrukowano serię próbek na drukarce FDM BambuLab P1S z zamkniętą komorą druku używając typowych parametrów druku jak dla ABS (Ustawienia w Bambu studio: generic ABS). Na rys. 3 po lewej stronie widoczna jest próbka kompozytu ABS+DTX, po prawej ABS.



Rys. 3. Próbki do badań sorpcyjności (ABS+DTX po lewej, ABS po prawej)

Wydruki jak na Rys. 3. zostały przekazane do badań sorpcyjności węgla, natomiast próbki w kształcie kwadratów o wymiarach 50 x 50 x 1 mm zostały przekazane do badań biobójczości / biostatyczności.

Druk z uzyskanego kompozytu okazał się zadowalający. Adhezja materiału do blatu drukarki była prawidłowa, a warstwy nie ulegały delaminacji. Niemniej jednak, napotkano problem
z zacięciami filamentu w dyszy, co można przypisać niedoskonałości wykonania samego filamentu. Jego średnica okazała się niestabilna, wahając się od 1,6 do 2,1 mm, co mogło przyczyniać się do występowania wspomnianych problemów technicznych w procesie druku.

Właściwości kompozytów z dodatkiem węgla aktywnego

W badaniach nad nowymi kompozytami zawierającymi węgiel aktywny uzyskano obiecujące wyniki w zakresie sorpcji. Pierwsze testy wykazały, że kompozyt posiada zdolność sorpcji na poziomie 13% przy stężeniu 0,5 mg wolnego chloru na litr wody. Trwają również badania dotyczące biobójczości / biostatyczności kompozytu, ale już uzyskane wyniki w badaniach sorpcji wskazują, że materiał ten dziedziczy właściwości sorpcyjne węgla, z którego został wytworzony. Te początkowe odkrycia są obiecujące i sugerują potencjalne zastosowania kompozytu w różnych dziedzinach, w tym w filtracji wody i innych aplikacjach wymagających kontrolowania zanieczyszczeń.

W niniejszych badaniach kompozytów z dodatkiem węgla aktywnego stwierdzono, że materiały te wykazują się bardzo dobrymi właściwościami podczas druku, porównywalne z ABS, nawet przy stężeniu wagowym węgla do 10%. Uzyskany filament naturalnie przyjmuje kolor węgla, co jest cechą trudną do modyfikacji ze względu na inherentne właściwości barwiące węgla. Wynika to z intensywnej barwy węgla, która dominuje nad innymi pigmentami, potencjalnie ograniczając możliwości kolorystyczne kompozytu.

Wnioski / Potencjał wdrożeniowy

Nowo opracowany kompozyt z węglem aktywnym otwiera innowacyjne możliwości w zakresie druku 3D elementów hydrauliki, takich jak rury i kształtki, które, choć nie są filtrami *de facto*, wykazują zdolność sorpcji. Wykorzystanie wszystkich elementów systemu filtracyjnego pozwala na zwiększenie jego sprawności. Dodatkowo właściwości sorpcyjne pod kątem chloru wykazują potencjał w zabezpieczeniu elementów filtracyjnych, które nie są odporne na chlor (np. polisulfoniany).

Druk 3D może nie wydawać się być ekonomicznie uzasadnionym rozwiązaniem w instalacjach filtracji wody, ale w przypadku specjalistycznych zastosowań i technologii może przynieść rezultaty, które nie są możliwe do uzyskania jakąkolwiek inną metodą wytwarzania. Np. poprzez wykorzystanie generatywnego projektowania (ang. Generative design) możliwe jest tworzenie zoptymalizowanych struktur wodociągowych i filtracyjnych, w których głównym determinantem jest optymalmy rozkład ciśnień, struktury tego typu cechują się znacznie niższą masą w porównaniu do klasycznych konstrukcji o podobnych właściwościach [3], jednocześnie pozwalają na minimalizowanie strat ciśnienia, ergo energii i możliwości wykorzystania ograniczonych przestrzeni – co w klasycznym podejściu do projektowania układów rurociągów jest problematyczne. Biorąc pod uwagę powyższe naturalnym kierunkiem rozwoju są materiały posiadające dodatki funkcyjne, które wprowadzają unikatowe cechy.

Druk 3D w technologii FDM charakteryzuje się widocznymi warstwami, pomiędzy którymi występują przestrzenie, w których dochodzi do rozwoju zanieczyszczeń mikrobiologicznych. Badany kompozyt z dodatkiem węgla aktywnego może zapobiec rozwojowi mikrobiologii na wydrukach, jeśli tylko jego właściwości biobójcze / biostatyczne zostaną potwierdzone w późniejszych badaniach.

Optymalizacja procesów produkcji filamentu i druku gotowych elementów stanowi kluczowy element dalszych badań. Ponadto, trwają prace nad poszukiwaniem nowych kompozytów z innymi polimerami jako bazą oraz innymi sorbentami jako dodatkami funkcjonalnymi. Badane są również inne metody wytwarzania, co może znacznie rozszerzyć zastosowanie i efektywność opracowanych materiałów.

Ostatnie badania [4, 5, 6] pokazują, że temat jest aktualny w świecie nauki i trwają poszukiwania materiałów i technologii związanych z drukiem 3D w zakresie uzdatniania i magazynowania wody pitnej.

Bibliografia

1. Sousi M, Salinas-Rodriguez SG, Liu G, Schippers JC, Kennedy MD and van der Meer W: "Measuring Bacterial Growth Potential of Ultra-Low Nutrient Drinking Water Produced by Reverse Osmosis: Effect of Sample Pre-treatment and Bacterial Inoculum" Front., Microbiol., 2020;
2. Guo M., Huang Y., Cao J., Feng S.: "Synthesis, properties, and degradation behaviors of novel polysulfone-polysiloxane multi-block copolymers" Polymer, Volume 212, 2021;
3. Barbieri L., Muzzupappa M.: "Performance-Driven Engineering Design Approaches Based on Generative Design and Topology Optimization Tools: A Comparative Study." Applied Sciences, MDPI, 2022;
4. Harun-Ur-Rashid M., Imran A. Bin, Hasan Susan A. Bin: "Emerging 3D Printed Polymers and Composites for Water Quality Preservation" Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, Elsevier, 2024;
5. Ju Y., Zhang J., Cai Q., Zhang Z., Zhao Y., Cui J., Hou R., Wei Y., Liang Z., Chen F.: "Rotary-angle 3D printing multilayer membrane dead-end filtration for rapid and highly efficient water treatmen" Chemical Engineering Journal, Volume 453, Part 2, 2023;
6. Lee J. C., Kim D. Y., Lee E. H., Lee S. W.: "Empowering powdered activated carbon (PAC) with 3D printing: Achieving highly efficient and reusable cationic dye removal" Chemosphere, Volume 357, 2024.

UKRAIŃSKA FILOZOFIA WYCHOWANIA WOBEC ZAGADNIEŃ TOŻSAMOŚCI NARODOWEJ: ASPEKTY SPOŁECZNO-ANTROPOLOGICZNE

Zahorodnya A.[1], Binytska O.[2], Kalinina L.[1], Shevchenko S.[1]
[1] Instytut Pedagogiki NAPN Ukrainy,
[2] Akademia Humanitarno-Pedagogiczna w Chmielnickim, Ukraina

Streszczenie. W artykule ustalono, że palący problem tożsamości narodowej powstaje w związku z globalizacją jako procesem definiującym rozwój współczesnej cywilizacji; procesy budowania narodowego i odrodzenia etnicznego determinują kształtowanie się różnorodności kulturowej.
Ustalono, że wartościowe w tym obszarze jest odwołanie się do idei społeczno-antropologicznych naukowców w ukraińskiej filozofii edukacji jako do właściwego typu i sposobu myślenia.
Uwaga skupiona jest na procesie kształtowania się ukraińskiej tożsamości narodowej jako ważnym czynniku rozwoju narodu i państwa. Udowodniono, że podejście społeczno-antropologiczne pozwala na analizę: ewolucji interakcji człowieka, przyrody i społeczeństwa w kontekście historycznym, społecznym i narodowym; zjawisko tożsamości narodowej, jej związek z tożsamością etniczną; zidentyfikowanie czynników i mechanizmów kształtowania się tożsamości narodowej; zbadanie stanu, problemów i perspektyw kształtowania się tożsamości narodowej i etnicznej na Ukrainie, jej tożsamości jako kraju i państwa w warunkach głębokich przemian społecznych.
Słowa kluczowe: tożsamość narodowa, tożsamość etniczna, ujęcie społeczno-antropologiczne, tożsamość, naród ukraiński.

Określenie problemu. Antropologia jest dyscypliną naukową zajmującą się badaniem człowieka i poszczególnych etapów jego historii. Koncentrując się na biologicznych i kulturowych różnicach różnych grup ludzi, w ramach których wyróżnia się osobę-jednostkę, osobę-podmiot, osobę-osobowość, osobę-osobę, antropologię łączy szereg zasad naukowych i podejść metodologicznych, wśród których szczególna jest zasada holizmu, która polega na wieloaspektowej analizie przedmiotów badań naukowych [4, s. 96].

Ważnym aspektem na zarysowanej płaszczyźnie jest ujawnienie prawidłowości społeczno-antropologicznych procesu interakcji w układzie „osoba-osoba" poprzez przekazywanie znaczących społecznie doświadczeń z pokolenia na pokolenie [7].

Okres 1917–1991 charakteryzuje się znaczącym wyniesieniem problemu rozumienia tożsamości narodowej w naukach społeczno-antropologicznych filozofów, pedagogów i naukowców.

Rozumienie tożsamości narodowej i etnicznej, tożsamości kraju i jego diaspory zależy od koncepcji narodu. M. Hruszewski zauważył także znaczenie badania tych społeczności, które z perspektywy historycznej zapewniały narodom tożsamość i środki do życia. Jego zdaniem w historiozofii „...główny punkt ciężkości należy przesunąć z historii państwa na historię ludu, społeczeństwa. Życie polityczne, państwowe jest rozumiane jako ważny czynnik, ale obok niego występują inne czynniki - gospodarcze, kulturalne, które czasami mają mniejsze, czasami większe znaczenie niż polityczne, ale w żadnym wypadku nie powinny pozostawać w cieniu poza nim" [1]. Proces kształtowania się tożsamości ogólno ukraińskiej wyznacza historia powstawania ukrainizmu, której schemat M. Hruszewski zdefiniował następująco: Ruś Kijowska nie była państwem powszechnym wschodnich Słowian, ale ukraińskim jego następcą było państwo galicyjsko-wołyńskie. Po panowaniu litewskim i polskim na ziemiach ukraińskich Ukraińcy po raz pierwszy odtworzyli swoje państwo pod rządami Chmielnickiego, a następnie w Ukraińskiej Republice Ludowej w 1917 r. Po raz pierwszy określenia „naród ukraiński" – zdaniem Yu. Lipy – użyto w czasach B. Chmielnickiego [1].

Celem artykułu jest teoretyczne i metodologiczne zrozumienie procesu kształtowania się ukraińskiej tożsamości narodowej jako ważnego czynnika rozwoju narodu i państwa w ujęciu społeczno-antropologicznym ukraińskiej filozofii wychowania (1917-1917). 1991).

Prezentacja głównego materiału.

Analiza społeczno-antropologicznych idei tożsamości narodowej w ukraińskiej filozofii wychowania wymaga podejścia interdyscyplinarnego: sam temat leży na przecięciu historii kultury i antropologii kulturowej, historii idei i historii myśli politycznej, socjologii i politologia. Zwrócono uwagę na różne dyskursy jako przykłady ucieleśnienia ideologii, zwłaszcza narodowych, a także nowego, ostatecznie definiującego postulaty, sposobu definiowania tożsamości kulturowej i narodowej.

Pisarze XIX i XX wieku odegrali wyjątkową rolę w tworzeniu współczesnej ukraińskiej tożsamości narodowej. Słowa Drago Janchara o tożsamości swego narodu, potwierdzone przez „kulturę i literaturę" ze względu na „brak realnych sił historycznych i politycznych", można odnieść także do sytuacji na Ukrainie. [9] Wystarczy tu przytoczyć najbardziej uderzające przykłady: rolę w tym procesie poezji Szewczenki, Franki i Łesi Ukrainki; modernista Wołodymyr Wynnyczenko jako pierwszy premier niepodległej Ukraińskiej Republiki Ludowej; rezonans społeczny i wymiar polityczny debaty literackiej zainicjowanej przez Mykołę Chwyłowego; misja społeczna i narodowa lat sześćdziesiątych; w końcu rola, jaką odegrały osobistości kultury w przededniu ogłoszenia niepodległości (poeci Iwan Drach jako szef Ruchu Ludowego Ukrainy, Dmytro Pawłyczko i Paweł Mowchan jako przywódcy ruchu na rzecz przywrócenia praw Ukrainie język, reżyser teatralny Les Tanyuk na czele stowarzyszenia „Memoriał"). Niewątpliwie debaty o tożsamości literatury, kultury i narodu, podczas których krystalizowały się różne wizje ukraińskości, toczyły się nie tylko wśród intelektualistów: pogłębiały się zwłaszcza dzięki dyskursowi publicznemu, prasie, telewizji, radiu i Internet.

Dlatego główną podstawą kształtowania się tożsamości ogólnoukraińskiej jest konsolidacja społeczeństwa wokół wartości ukraińskości. Przecież dla swojego rozwoju politycznego, społecznego, gospodarczego i ostatecznie militarnego społeczeństwo ukraińskie potrzebuje zbiorowej pamięci, zbiorowej moralności i zbiorowych wartości. Dla Ukrainy, jak słusznie zauważa O. Łytwynenko, charakterystyczną cechą rozwoju przez wszystkie lata jej niepodległości był i niestety pozostaje brak podstawowego konsensusu społecznego co do idei i kierunków przyszłego rozwoju [2].

Tożsamość ukraińska nie jest tożsama ani narodowej, ani etnicznej. Narodowej – gdyż nie ogranicza się do granic państwa ukraińskiego i pod pewnymi względami jest tożsama z tożsamością obywatelską jako fenomen narodu politycznego. Etnicznej – ponieważ,

po pierwsze, system wartości ukraińskiego etnosu, jego kultura, zwyczaje i rytuały nie są powszechnie akceptowane, a po drugie, Ukraińcy to nie tylko etnos, jeden z wielu zamieszkujących terytorium Ukrainy, ale etnos tytularny, który nadaje nazwa kraju, państwa i jego symboli. Tożsamość ukraińską podzielają także przedstawiciele licznej diaspory – zarówno zachodniej, jak i wschodniej. Ponadto Ukraina, podobnie jak wszystkie kraje, również posiada swoją niepowtarzalną tożsamość przyrodniczą i społeczno-kulturową, na której podstawie kształtuje się jej wizerunek i marka zarówno w kraju, jak i za granicą. Jednak podstawą spajającą każde społeczeństwo, w tym także Ukrainę, jest tożsamość narodowa – identyfikacja siebie jako osoby z określoną wspólnotą, jej symbolami, wartościami, historią, terytorium, kulturą, instytucjami państwowymi i prawnymi, interesami politycznymi i gospodarczymi. Co więcej, chodzi o akceptację tej tożsamości nie tylko na poziomie czysto racjonalnym, ale także emocjonalnym, semantyczno-mitologicznym" [3].

Naród jako zjawisko historyczne jest społeczno-kulturową, gospodarczą, polityczną i komunikacyjną jednością ludzi, która zapewnia im cywilizowane życie w ramach społeczności światowej. Naród tworzy sprawne społeczeństwo i państwo, które gwarantuje jego

bezpieczeństwo i żywotne interesy. We współczesnym świecie to naród pełni funkcję nosiciela celu (idei narodowej) rozwoju społeczeństwa jako całości. Ważne jest jednak, że pewne zmiany w formułowaniu celu istnienia narodu i postępu mogą prowadzić (i prowadziły) do zaostrzenia stosunków międzynarodowych, konfliktów międzynarodowych, a nawet krwawych wojen (narodowy socjalizm). Naród we współczesnym znaczeniu jako wspólnota obywatelsko-polityczna to dość liczne zrzeszenie ludzi, które jako całość osiągnęło stan życia politycznego i ma wolę suwerennego bytu i rozwoju, czyli jest podmiotem wobec siebie i innych narodów i ludów.

Historyczne korzenie tożsamości ukraińskiej można przypisać wzmiance o toponimie „Ukraina", po raz pierwszy odnotowanym w 1187 r. w Kronice Kijowskiej, 130 lat po śmierci księcia kijowskiego Jarosława Mądrego [3]. Ponadto, jak pisze M. Moiseev (akademik Rosyjskiej Akademii Nauk), gdy na polu Kułykowa spotkały się hordy Mamaja i ruskich ochotników, książę Bobrok poprowadził armię z Czerwonej Ukrainy. W tamtym czasie wszystkie części Rosji nazywały się Ukrainą; Nie było wówczas Moskwy, była Ukraina Zaleska, Kijów nazywał się Ukrainą Dnieprowską, a Galicja nazywała się Czerwoną Ukrainą. Po raz pierwszy zjawisko tożsamości ukraińskiej jako problem budowania narodowego zostało poruszone przez Cyrylomefodianów i T. Szewczenko. Tylko on ma nowoczesną koncepcję ukraińskiej tożsamości: fenomen i zasady formowania się jako wyimaginowanej, wyidealizowanej wspólnoty „umarłych, żywych i nienarodzonych", obejmującej wszystkie państwa, zacierając, jak pisze M. Ryabczuk, dramatyczny rozłam między Ukrainą kozacką (koczowniczą, rycerską) a chłopską (osiadłą, rolniczą) [5].

Za jedno z najbardziej znaczących odkryć antropologii filozoficznej XX wieku można uznać ideę etnicznej istoty osoby. Wszystkie inne dobra ludzkości – społeczeństwo, historia, państwo – muszą być sprawdzane przez godność jednostki, jej trwałe znaczenie i odpowiedzialność wobec siebie. Znaczący wkład w badanie tego problemu wniosły zachodnie kulturoznawstwa, w szczególności tzw. strukturalizm etnologiczny, z którym zwykle kojarzy się nazwisko K. Lévi-Straussa. Jako alternatywę dla koncepcji postępu liniowego, etnologia strukturalna interpretuje każdy naród jako odrębny świat kultury. Ponadto K. Lévi-Strauss uważał, że żadna z kultur nie może twierdzić, że jest tą, która ucieleśnia, w największym stopniu odzwierciedla kulturę uniwersalną. Antropologia filozoficzna zapoczątkowała kompleksowe badanie samego człowieka w bogactwie wszelkich przejawów jego rodowej i społecznej natury oraz specyficznym historycznym określeniu formacji społecznych. Za najważniejsze z nich można uznać naród jako jednostkę społeczno-kulturową opartą na stosunkach etnicznych. Podkreślając rolę czynnika etnicznego w budowaniu narodu, E. Smith napisał, że „narody zawsze wymagają „elementów" etnicznych oraz „istnieje ogromne historyczne i koncepcyjne nakładanie się pomiędzy etnicznością i narodem" [6]. Okoliczność ta ma ważne znaczenie metodologiczne dla badania czynników i mechanizmów kształtowania się tożsamości narodowej, ponieważ to etniczna struktura społeczeństwa, wzajemne powiązania jego grup etnicznych tworzą społeczno-kulturową „twarz" konkretnego narodu. Według E. Smitha tożsamość narodowa (a także etniczna – przyp. autora) powstaje w wyniku „przezwyciężenia zapomnienia poprzez potomków, przywrócenia godności zbiorowej poprzez wezwanie do złotego wieku, urzeczywistnienia braterstwa poprzez symbole, rytuały i ceremonie, które związą żywych ze wspólnotą umarłych i upadłych" [6]. Na możliwość teoretycznego zapośredniczenia tożsamości narodowej w jej relacji z tożsamością etniczną wskazują badacze krajowi. Jak pisze O. Stognii, najważniejszy wynik metodologiczny krajowych badań można uznać za dowód na fakt: „Czynnik narodowości (pochodzenia etnicznego – przyp. autora) respondentów nie ma prawie żadnego wpływu na ich ocenę ważności poszczególnych kryteriów identyfikacji narodowej. Wyjątkiem jest znajomość języka i obywatelstwa, których znaczenie w większym stopniu artykułują respondenci spośród Ukraińców w porównaniu z respondentami spośród Rosjan" [8].

Wnioski. Obecnie coraz większa liczba badaczy uznaje, że świadomość tożsamości narodowej, tożsamości kulturowej, dziedzictwa narodowego, korzeni historycznych i potencjału twórczego społeczeństwa, wraz z innymi istotnymi czynnikami, jest jedną z sił napędowych rozwoju narodu i państwa.

Można zatem postawić tezę, że kształtowanie się tożsamości narodowej jest procesem samookreślania się osoby zarówno w strukturach realnych, jak i symbolicznych przestrzeni etnicznej i narodowej.

Dlatego też teoretyczne i metodologiczne rozumienie procesu kształtowania się ukraińskiej tożsamości narodowej jako ważnego czynnika rozwoju narodu i państwa w świetle idei społeczno-antropologicznych ukraińskiej filozofii wychowania jest szczególnie istotne we współczesnym etapie.

Bibliografia:

1. Грушевський, М. Звичайна схема «русскої» історії й справи раціонального укладу історії східного слов ’янства / М. Грушевський // Вивід прав України. – К., 1991. – С. 11.
2. Литвиненко, О. Українська національна безпека: стислий нарис / О. Литвиненко // Стратегічні пріоритети. – № 2. – 2011 р. – С. 123.
3. Ідентичність даймо бодай Василя Стуса та Івана Дзюбу. URL: www.pravda.com.ua/ articles/2009/05/21/3959372/
4. Загородня, А. А. Соціальна антропологія в контексті освіти та виховання особистості (друга половина XIX століття) як чинник сучасних освітніх змін. Наука і техніка сьогодні. 2022. 11 (11). С. 95-106.
5. Рябчук, М. Постколоніальний синдром. Спостереження / М. Рябчук – К. : «К.І.С.», 2011. – С. 184.
6. Сміт, Е. Національна ідентичність / Е. Сміт. – К. : Основи, 1994. – С. 49, С. 169.
7. Загородня, А.А. Теоретико-методологічні засади осмислення соціально-антропологічного коду української філософії освіти в основі концепції людини М. Шлемкевича. Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах .Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 86. С. 12-16. https://doi.org/10.32840/1992-5786.2023.86.1 URL: http://pedagogy-journal.kpu.zp.ua/archive/2023/86/1.pdfhttp://www.pedagogy-journal.kpu.zp.ua/86-2023https://lib.iitta.gov.ua/735222/
8. Стегній, О. Динаміка просторово-територіальної самоідентифікації населення / О. Стегній // Український соціум. – 2004. – № 2(4). – С. 67.
9. Jańcar, D. Terraincognito przeł. J. Pomorska, Niezależna Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1993* s. 42.

ОКРЕМІ АСПЕКТИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ІНКЛЮЗІЇ У ПРОЦЕСІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ НА ПРИКЛАДІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ НАФТИ І ГАЗУ

Запухляк І., Вербовська Л., Маланюк Н., Бойко М.
[1] Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

Анотація. В умовах сьогодення заклади вищої освіти мають бути повноцінним суб'єктом реалізації концепції та цілей сталого розвитку, а не просто закладом для освіти про сталий розвиток. У процесі сталого розвитку закладу освіти важливе місце займає створення такого освітньо-науково простору, який би забезпечував соціально-економічні інклюзивні потреби. Тобто створював доступ до навчання та наукових досліджень осіб з особливими потребами та усіх верст населення тощо.

Метою наукового дослідження є поглиблення теоретико-методичних положень та розроблення практичних рекомендацій, спрямованих на посилення соціально-економічної інклюзії у процесі сталого розвитку закладу вищої освіти. Відповідно до визначеної мети дослідження виокремлено наступні завдання: розвинути поняття поняття «освіта для сталого розвитку»; виокремлено складові закладів вищої освіти, які забезпечують реалізацію соціально-економічної інклюзії задля сталого розвитку; розглянути забезпечення інклюзивних соціально-економічних аспектів сталого розвитку закладу вищої освіти на прикладі Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу; довести що розвиток закладів вищої освіти, особливо, технічного профілю, має гармоніювати і забезпечувати взаємозв'язки між галузевими економіками, енергетикою, навколишнім середовищем і соціальним добробутом задля сталого розвитку.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження полягає в удосконаленні та обгрунтуванні теоретичних положень і практичних рекомендацій, спрямованих на впровадження окремих аспектів соціально-економічної інклюзії у процесі сталого розвитку закладів вищої освіти, а саме: розвинуто поняття «освіта для сталого розвитку», що дозволило визначити освіту як один із найвагоміших інструментів для досягнення сталого розвитку через формування нового способу мислення та розуміння глибоких зв'язків між економікою, енергетикою, навколишнім середовищем і соціальним благополуччям; та через формування відповідальності та громадянської активності у реалізації сталого розвитку; досліджено рівень забезпечення соціально-економічної інклюзії у процесі сталого розвитку Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу та доведено, що розвиток закладів вищої освіти, особливо, технічного профілю, має гармоніювати і забезпечувати взаємозв'язки між галузевими економіками, енергетикою, навколишнім середовищем і соціальним добробутом задля сталого розвитку.

Практичне значення досліджень полягає у використані з метою покращення забезпечення соціально-економічних аспектів соціально-економічної інклюзії у процесі сталого розвитку закладу вищої освіти.

Ключові слова: Соціально-економічна інклюзія, сталий розвиток, зміни, освіта для сталого розвитку, заклад вищої освіти.

Вступ.

Впродовж останніх років спостерігається збільшення ролі освіти у реалізації цілей сталого розвитку:

по-перше, з позиції трансформації задля забезпечення якісної освіти;

по-друге, для забезпечення наукової складової реалізації Цілей сталого розвитку;

по-третє, для формування середовища для поширення знань та практик про сталий розвиток;

по-четверте, для забезпечення переходуучасників освітніх і наукових процесів від носіїв ідей і принципів сталого розвитку до суб'єктів реалізації сталого розвитку у суспільстві, економіці, культурі, природі.

Однак на практиці, покладенні зусилля не завжди дають очікувані результати, оскільки студенти, викладачі та інші стейкхолдери мало знають про те, як узгодити свої особисті та професійні цілі з екологічною сталістю, соціальною рівністю та економічною ефективністю. Існує потреба у формуванні освітнього та наукового простору, який дозволить навчатися і розвиватися усім бажаючим. При цьому важливо, з одного боку, створити такий простір через забезпечення належних умов доступу до закладу освіти людей з особливими потребами, сформувати середовище для їх підтримки та розвитку, а з іншого – навчити науково-педагогічних та інших працівників працювати з людьми з особливими потребами.

Метою наукового дослідження є поглиблення теоретико-методичних положень та розроблення практичних рекомендацій, спрямованих на посилення соціально-економічної інклюзії у процесі сталого розвитку закладу вищої освіти. Відповідно до визначеної мети дослідження виокремлено наступні завдання: розвинути поняття поняття «освіта для сталого розвитку»; виокремлено складові закладів вищої освіти, які забезпечують реалізацію соціально-економічної інклюзії задля сталого розвитку; розглянути забезпечення інклюзивних соціально-економічних аспектів сталого розвитку закладу вищої освіти на прикладі Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу; довести що розвиток закладів вищої освіти, особливо, технічного профілю, має гармоніювати і забезпечувати взаємозв'язки між галузевими економіками, енергетикою, навколишнім середовищем і соціальним добробутом задля сталого розвитку.

Об'єктом дослідження є сталий розвиток закладів вищої освіти. Предметом дослідження є сукупність теоретико-методичних та прикладних положень щодо соціально-економічної інклюзії у процесі реалізації стратегії сталого розвитку закладу вищої освіти. Під час дослідження використовно метод порівняння, наукового пошуку, індукції та дедукції.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження полягає в удосконаленні та обгрунтуванні теоретичних положень і практичних рекомендацій, спрямованих на впровадження окремих аспектів соціально-економічної інклюзії у процесі сталого розвитку закладів вищої освіти, а саме: розвинуто поняття «освіта для сталого розвитку», що дозволило визначити освіту як один із найвагоміших інструментів для досягнення сталого розвитку через формування нового способу мислення та розуміння глибоких зв'язків між економікою, енергетикою, навколишнім середовищем і соціальним благополуччям; та через формування відповідальності та громадянської активності у реалізації сталого розвитку; досліджено рівень забезпечення соціально-економічної інклюзії у процесі сталого розвитку Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу та доведено, що розвиток закладів вищої освіти, особливо, технічного профілю, має гармоніювати і забезпечувати взаємозв'язки між галузевими економіками, енергетикою, навколишнім середовищем і соціальним добробутом задля сталого розвитку.

Отримані результати досліджень можуть бути використані з метою покращення забезпечення соціально-економічних аспектів соціально-економічної інклюзії у процесі сталого розвитку закладу вищої освіти.

Аналіз останніх публікацій. Сьогодні конкуренція на ринку освітніх послуг, демографічна та соціально-економічна ситуації загострили проблему інклюзивної освіти та створення позитивного іміджу вищих навчальних закладів в тому числі навчально-

реабілітаційних, як у глобальному, так і національному освітньому просторі. Вища освіта є визначальними чинниками сталого розвитку у сучасному глобалізованому світі.

Спочатку розглянемо роль освіти загалом у реалізації сталого розвитку, а далі зупинемось на соціально-економічних аспектах інклюзивності освіти на їх шляху до сталого розвитку. Півняк Г. Г. та його колеги, розвиваючи тему ролі закладів вищої освіти у реалізації сталого розвитку, вважають, що університети виконують триєдину функцію: «інтеграція ідей сталого розвитку в галузі освіти, поширення знань і професійна підготовка для забезпечення сталого розвитку». Автори вважають, що на сьогодні в Україні бракує університетів, що здатні впливати на національну економіку, вирішувати фундаментальні технологічні та соціальні проблеми. На їх думку, університети мають готувати фахівців, які здатні адаптовувати управлінські рішення для сталого розвитку основних галузей економіки країни [1]. ElderJ. у науковій праці [2] відштовхується від встановленого урядом США пріоритетом для формування «життєво важливих зв'язків між зміною клімату, економічним стимулюванням, енергетичною безпекою та професійною підготовкою». Вирішальну роль у цій взаємопов'язаній системі має відігравати вища освіта, допомагаючи перетворити чисту енергію та зелену економіку на реальність.І саме технічні університети покликані формувати у студентів усвідомлення взаємозв'язку між галузевими економіками, енергетикою, навколишнім середовищем і соціальним добробутом, навчити їх «зеленим» стандартам та інструментам для вирішення виробничих завдань, а самі ці дії отримали назву сталого розвитку. MirandaL. та ін. [3], досліджували роль університетів у забезпеченні екологічної сталості через екологічну освіта; інтеграцію екологічної сталості у вищу освіту; захист навколишнього середовища. Тріпак М., Волощук М. досліджували розвиток інклюзивних інституцій у дискурсі розвитку міжнародного права та міжнародної економіки, кейсів міжнародних інституцій, а також у контексті економічної ефективності збереження людського капіталу[4].

Науковці звертають увагу на питання щодо навчання осіб з інвалідністю, в яких надається увага таким питанням як використання засобів інформаційно-комунікативних технологій в інклюзивній освіті, як перспективи використання їх для підвищення якості інклюзивної освіти [4; 5]. Оскільки, на думку науковців, саме інформаціно-комунікативні технології розкривають нові можливості для отримання якісної освіти та «гармонізації відносин людей між собою та з суспільством в цілому», та мають першочергове значення для осіб з інвалідністю адже, серед розмаїття «інклюзивних стратегій інформаціно-комунікативних технологій виявляються найбільш оптимальним інструментом, який дозволяє розвинути цілісне бачення світу та реалізовувати індивідуальний потенціал громадянина інформаційного суспільства» [5, с. 143]. Таким чином, науковці звертають увагу на реалізацію права на освіту та повноцінну життєдіяльність здобувачів освіти з інвалідністю в сучасному інформаційному суспільстві. На думку дослідників в Україні інклюзивна освіта перебуває на початковій стадії розвитку, а дослідження, зважаючи на наявність достатньої нормативно-правової бази для впровадження інклюзивного навчання, спрямована переважно на теоретичні аспекти інклюзії в системі вищої освіти [6].

Виклад основного матеріалу. До 2015 року заклади освіти не розглядалися як установи, через які можна досягти реалізації принципів сталого розвитку. І тільки прийняття у 2015 р. 17 Цілей глобального сталого розвитку, визнали освіту як важливу складову у досягненні сталого розвитку. Також криза, пов'язана із подоланням наслідків covid-19 показала на стільки важливе партнерство між освітньо-науковими закладами задля вирішення кризових ситуацій. Наступний етап – це співпраця закладів освіти і наукових установ задля подолання економічної та соціальної кризи, а тепер – щей енергетичної [7].

Освітні установи можуть зробити свій внесок у досягнення Цілей сталого розвитку (ЦСР), забезпечуючи доступ до якісної освіти (ЦСР 4) та зменшуючи нерівність (ЦСР 10) у суспільстві. Визнаючи необхідність більш інклюзивної освіти в Європейському просторі вищої освіти (ЄПВО), 47 країн ЄПВО у 2020 році прийняли Принципи та рекомендації щодо посилення соціального виміру вищої освіти в ЄПВО. Ці керівні принципи пропонують 10 принципів на 2020-2030 роки для сприяння соціальній інклюзії у вищій освіті на національному рівні [8]. Отже, саме освітні заклади повинні стати середовищем формування знань про сталий розвиток та забезпечити його практичну реалізацію.

Питання інклюзивного навчання в закладах фахової передвищої та вищої освіти зараз є актуальним, адже інклюзія це певна освітня технологія, якою передбачено навчати та виховувати дітей та осіб з особливими освітніми потребами, створюючи умови для забезпечення максимальної ефективності освітнього процесу.

В Україні пріоритетними напрямами розвитку інклюзивної освіти є:

- забезпечення якісної освіти для осіб з особливими освітніми потребами відповідно до їх потреб, можливостей та інтересів;
- підвищення якості інклюзивного навчання; забезпечення якісних та доступних послуг інклюзивно-ресурсних центрів;
- збільшення чисельності асистентів вихователя для закладів дошкільної освіти, асистентів вчителя для закладів загальної середньої;
- збільшення частки закладів освіти, де організовано інклюзивне навчання;
- розбудова сучасного, безпечного, інклюзивного й комфортного освітнього середовища в закладах освіти;
- створення нового освітнього простору в закладах освіти відповідно до принципів мотивувального та креативного дизайну, технологічності та інклюзивності;
- організація системи підвищення кваліфікації педагогічних працівників різних рівнів освіти щодо роботи з дітьми з ООП [4].

В Україні є вкрай мало університетів, які мають окреслену стратегію сталого розвитку та його соціально-інклюзивних аспектів. Соціально-економічна інклюзія фрагментарно вмонтована у практичну діяльність закладу освіти: соціальні стипендії, доступ до корпусів закладів освіти, робота психологічної служби тощо.

На нашу думку, освіта є один із найвагоміших інструментів для досягнення сталого розвитку через формування нового способу мислення та розуміння глибоких зв'язків між економікою, енергетикою, навколишнім середовищем і соціальним благополуччям; та через формування відповідальності та громадянської активності у реалізації сталого розвитку.

Наприклад, Elder J. говорить про те, що на шляху до трансформації економічної, енергетичної та екологічної систем США до чистої енергії та зеленої економіки необхідно, щоб заклади вищої освіти допомагали студентам зрозуміти складні зв'язки і взаємозалежності між навколишнім середовищем, джерелами енергії та економікою. Громадянам потрібно буде впроваджувати зміни в діловій та особистій практиці, підтримувати і допомагати розвивати нові технології та політику, а також протистояти майбутнім соціальним та економічним проблемам і можливостям, що виникають у зв'язку зі зміною клімату та на шляху до сталого розвитку [9]. Роль освіти для сталого розвитку є дуже складною і потребує ґрунтовного вивчення. McKeown R. говорить про те, що у випадку США підвищення рівня освіти не призвело до сталого розвитку. Очевидно, що для створення сталого суспільства недостатньо просто підвищити рівень освіти громадян до вищого рівня. Завдання полягає в тому, щоб підвищити рівень освіти без створення постійно зростаючого попиту на ресурси і споживчі товари та супутнього виробництва забруднюючих речовин. Вирішення цього завдання залежить від

переорієнтації навчальних програм з метою задоволення потреби у більш сталих моделях виробництва та споживання. Освіта безпосередньо впливає на плани сталого розвитку у трьох сферах [10], рис. 1.

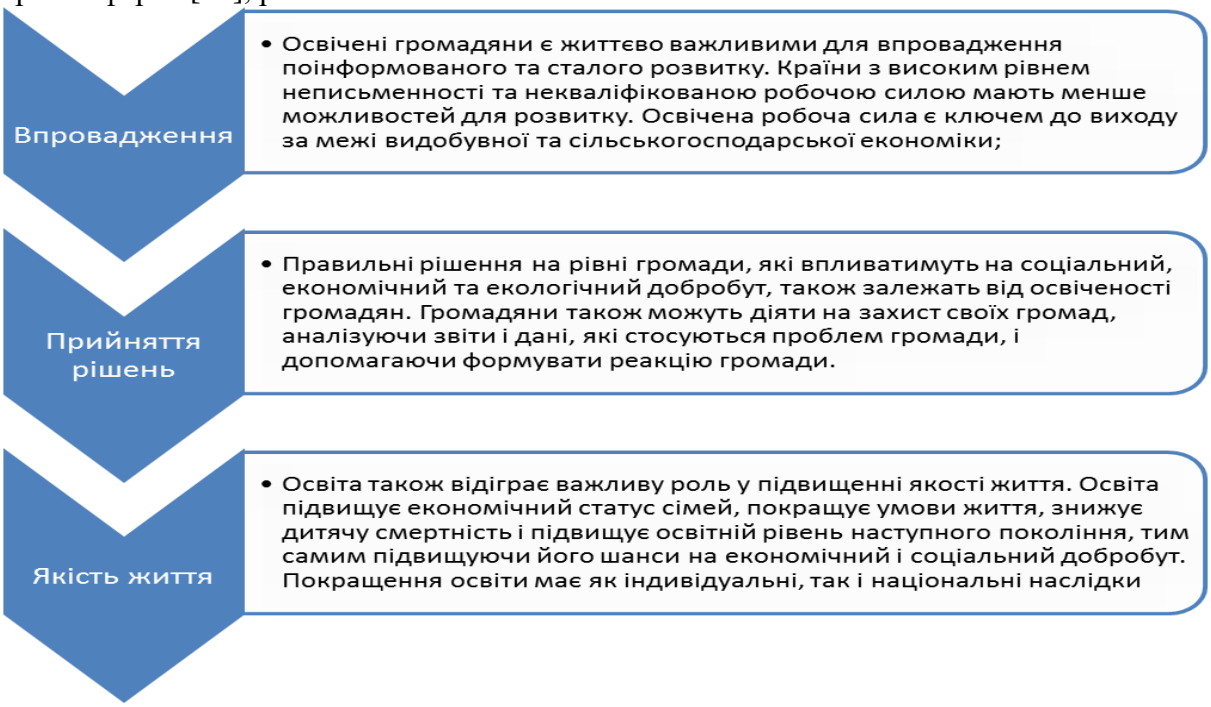


Рисунок 1 - Сфери впливу освіти на практичну реалізацію сталого розвитку [10]

Щодо закладів вищої освіти, то необхідним є максимальне розкриття потенціалу усіх учасників університетської спільноти: студентів, науково-педагогічного складу, обслуговуючого та допоміжного персоналу і менеджменту. Таким чином, сталий розвиток закладу вищої освіти є «безперервним процесом гармонізації взаємодії внутрішніх стейкхолдерів щодо узгодження здійснюваної освітньої та науково-дослідної діяльності з концептуальною тріадою сталого розвитку – соціальна, екологічна, економічна сфери в ендогенній та екзогенній площинах та переходом до стійкого функціонування».

Розвиваючи тему, розглянемо практику реалізації економічної та соціальної інклюзії в процесі досягнення сталого розвитку Івано-Франківським національним технічним університетом нафти і газу (далі ІФНТУНГ).

Місією ІФНТУНГ є надання якісних освітніх послуг для всебічного професійного, інтелектуального і творчого розвитку особистості; виконання наукових досліджень, співпраці із суспільством заради сталого розвитку та енергетичної безпеки держави. Місія обумовлює формування в ІФНТУНГ стратегічних цілей: формування конкурентоздатного фахівця; університет – центр трансферу технологій та інновацій; формування та розвиток людського потенціалу; розвиток наукової та освітньої інфраструктури. У цьому контексті для досягнення цілей використовуються методики, які забезпечують реалізацію принципів сталого розвитку, практичну спрямованість навчання, розвиток креативності, формування готовності переходу до «зеленої» економіки, формування соціального та економічного інклюзивного середовища закладу вищої освіти [11].

Івано- Франківський національний технічний університет створює достатні умови для реалізації права на освіту особами з особливими освітніми потребами. Інклюзивне навчання здобувачів з особливими освітніми потребами відбувається відповідно до «Положення про організацію інклюзивного навчання в ІФНТУНГ» [12], що регламентує

організацію навчання здобувачів вищої освіти з особливими освітніми потребами, а також формування в Університеті інтегрованого освітнього середовища шляхом впровадження комплексу заходів, що забезпечують повноцінне залучення здобувачів з особливими освітніми потребами у освітній процес для здобуття ними якісної вищої освіти з урахуванням їхніх потреб та можливостей.

Університет надає освітні послуги здобувачам з особливими освітніми потребами на рівній основі з іншими здобувачами вищої освіти, без дискримінації, незалежно від віку, громадянства, місця проживання, статі, кольору шкіри, соціального і майнового стану, національності, мови, походження, стану здоров'я, ставлення до релігії, а також від інших обставин, із застосуванням особистісно-орієнтованих методів навчання та з урахуванням індивідуальних особливостей навчально-пізнавальної діяльності усіх здобувачів з особливими освітніми потребами, рекомендацій індивідуальної програми реабілітації особи з інвалідністю та/або висновку про комплексну психолого-педагогічну оцінку розвитку здобувачів з особливими освітніми потребами, виданого інклюзивно-ресурсним центром.

Формування умов для здобуття здобувачами з особливими освітніми потребами якісної освіти в Університеті реалізується через:

• розвиток матеріально-технічної бази університету з урахуванням потреб здобувачів з особливими освітніми потребами;

• забезпечення здобувачів з особливими освітніми потребами в належним супроводом на всіх етапах взаємодії з університетом;

• організацію освітнього процесу з використанням сучасних інформаційних технологій;

• формування у спільноти університету недискримінаційного ставлення до здобувачів з особливими освітніми потребами.

Здійснення постійного супроводу навчального процесу осіб з інвалідністю та мало мобільних груп забезпечує служба безпеки та охорони університету згідно «Порядку супроводу (надання допомоги) особам з інвалідністю та маломобільним групам населення». Для переміщення осіб з обмеженими фізичними властивостями по сходових маршах в корпусах ІФНТУНГ використовується сучасний сходовий підйомник "JOLLY STANDARD" D5000010, обладнаний зручним і безпечним кріпленням для фіксації інвалідного крісла, контролером плавного запуску і зупинки, а також ременем безпеки (https://salo.li/E34D42C). Частина корпусів ІФНТУНГ обладнані пандусами. У закладі передбачено систему тактильної інформації, а саме встановлені таблички для аудиторій, корпусів, надрукованих шрифтом Брайля.

Спеціальний навчально-реабілітаційний супровід здобувачів з особливими освітніми потребами в університеті реалізується через низку освітніх послуг, якими вони можуть користуватися за допомогою інших осіб. При цьому враховуються психофізичні особливості осіб різних нозологій, їх потреби у компенсації сенсорних вад, що заважають сприймати навчальний матеріал, соціально-психологічні фактори, що ускладнюють інтеграцію здобувачів з особливими освітніми потребами в університетське середовище, потреби у фізичній реабілітації та ін.

Спеціальний навчально-реабілітаційний супровід Здобувачів здійснюється за такими напрямами: технічний, педагогічний, навчально-організаційний, психологічний, медико-реабілітаційний, фізкультурно-спортивний, соціальний та професійна адаптація. Усі перелічені складові системи супроводу вступають у дію поступово і можуть діяти одночасно, доповнюючи одна одну. Спеціальний навчально-реабілітаційний супровід розпочинається з моменту звернення здобувачів з особливими освітніми потребами до університету.

Педагогічний супровід полягає в оптимізації викладання навчального матеріалу здобувачів з особливими освітніми потребами у максимально сприйнятливій для них формі, впровадження сучасних педагогічних технологій навчання, забезпечення навчально-методичними матеріалами. На всіх етапах педагогічного супроводу передбачається індивідуальний (тьюторський) супровід здобувачів з особливими освітніми потребами з метою допомоги у розв'язанні індивідуальних проблем опанування освітніх компонентів.

Соціальний супровід полягає у заходах, спрямованих на забезпечення соціалізації здобувачів з особливими освітніми потребами в, зокрема їх соціально-побутової, соціально-культурної та соціально-трудової адаптації. Основною функцією цього блоку є подолання соціальної ізоляції здобувачів з особливими освітніми потребами, сприяння збереженню і підвищенню їх соціального статусу, залучення їх до всіх сфер суспільного життя. Соціальний супровід здійснюється кафедрами,заступниками директорів з виховної роботи, органами студентського самоврядування та залученими фахівцями.

Професійна адаптація полягає у забезпеченні здобувачів з особливими освітніми потребами в додатковими можливостями в межах фахової підготовки через їхнє залучення до роботи у гуртках наукового, інженерного, соціо-гуманітарного спрямування, надання допомоги у працевлаштуванні.

Для організації і контролю реалізації супроводу в університеті створюється група психолого-педагогічного супроводу, до складу якої залучаються науково-педагогічні працівники університету, представники адміністрації університету та фахівці за напрямами супроводу.

Для реалізації права на освіту осіб з особливими освітніми потребами діє ЦДН (https://dn.nung.edu.ua/). Функціонує кабінет психологічної допомоги. Отже, в університеті передбачено умови для навчання осіб з особливими потребами з метою їх соціалізації та забезпечення доступності та результативності навчання.

Професор Diamadopoulos E. акцентує увагу на інституційних факторах реалізації сталого розвитку у закладах вищої освіти. Зокрема, вважає, що керівні органи університетів повинні ухвалити політику та впроваджувати стратегічні заходи для досягнення цілей сталого розвитку. Окрім якості освіти та досліджень, ці політики мають бути спрямовані на гендерну рівність, належне управління навколишнім середовищем на території кампусу, рух до вуглецево-нейтрального університету, співпрацю з місцевими громадами для просування сталих цілей, формування культури відповідального споживання та виробництва, створення місць для меншин та громадян з обмеженими можливостями [13].

Усе частіше вітчизняні заклади вищої освіти шукають можливостей залучити зовнішні фінансові ресурси для покращення становища та розвитку. Одним із звітів, який допомагає у формуванні репутації відкритої та гідної довіри компанії є Звіт про сталий розвиток, який є одним із способів демонстрації корпоративної соціальної відповідальності. Інвесторам та громадськості вже недостатньо бачити лише фінансові показники, їй потрібно знати, як діяльність компанії впливає на довкілля та клімат, чи дотримуються в ній права людини [14].

Представимо на рис. 2 значення вищої освіти для реалізації соціально-економічної інклюзії у процесі сталого розвитку.

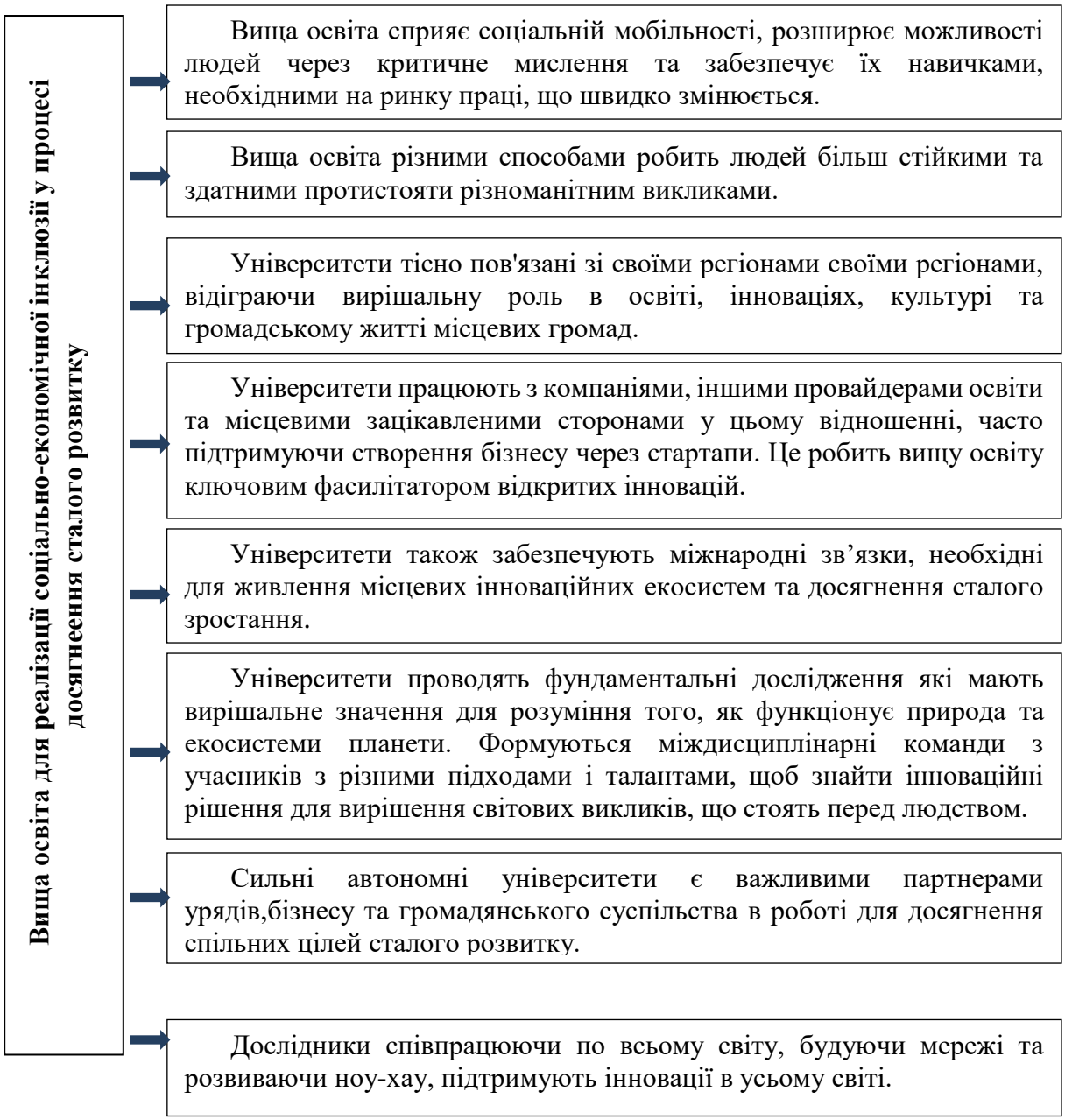


Рисунок 2 - Роль та значення вищої освіти для реалізації соціально-економічної інклюзії у процесі досягнення сталого розвитку

Джерело: сформовано автором на основі [12-15].

Зважаючи на роль та значення закладів вищої освіти для забезпечення соціально-економічної інклюзивності закладу освіти у реалізації сталого розвитку, виокремимо зміни у діяльності закладів вищої освіти: інтеграція розуміння сталого розвитку у навчальні програми; реалізація студентами, викладачами та іншими учасниками освітнього процесу ініціатив із створення умов для здобувачів з особливими потребами; партнерства (галузеві, регіональні, міжнародні та ін.) закладу вищої освіти для реалізації цілей сталого розвитку та задоволення соціально-економічних інклюзивних потреб; забезпечення функціонування інфраструктури закладу освіти для доступу до освіти і науки здобувачів з особливими потребами тощо.

Зважаючи на роль та значення закладів вищої освіти для забезпечення соціально-економічної інклюзивності закладу освіти у реалізації сталого розвитку, виокремимо зміни у діяльності закладів вищої освіти: інтеграція розуміння сталого розвитку у навчальні програми; реалізація студентами, викладачами та іншими учасниками освітнього процесу ініціатив із створення умов для здобувачів з особливими потребами; партнерства (галузеві, регіональні, міжнародні та ін.) закладу вищої освіти для реалізації цілей сталого розвитку та задоволення соціально-економічних інклюзивних потреб; забезпечення функціонування інфраструктури закладу освіти для доступу до освіти і науки здобувачів з особливими потребами тощо.

Висновки. Таким чином, заклад вищої освіти задля реалізації сталого розвитку має змінювати усі складові інституційної інфраструктури, а саме: освіту, дослідження, зв'язки, функціонування господарської інфраструктури, топ-менеджменту та інших інституцій, що дозволить покращити якість підготовки випускників, здійснити трансфер технологій та інновацій у бізнес і суспільство, забезпечити культурний діалог в полікультурному середовищі; зменшити шкідливий вплив функціонування університету на навколишнє середовище, розширити партнерство та співпрацю. Це, у свою чергу, призведе до економічного зростання, змінить практику ведення бізнесу та життя соціуму на засадах сталого розвитку, попередить зміни клімату, сприятиме сталому стилю життя громад та їх сталому розвитку.

Вважаємо, що вища освіта є вагомим інструментом реалізації цілей сталого розвитку через формування нового способу мислення та розуміння глибоких зв'язків між економікою, енергетикою, навколишнім середовищем і соціальним благополуччям. Для успішної реалізації сталого розвитку університету необхідно мати кваліфікований персонал, налагодити трансфер знань і технологій від університетів до бізнесу, забезпечити діалог із суспільством та соціальну єдність, а також довести ключову роль освіти реалізації сталого розвитку.

Розвиток поняття «освіта для сталого розвитку» дозволив визначити освіту як один із найвагоміших інструментів для досягнення сталого розвитку через формування нового способу мислення та розуміння глибоких зв'язків між економікою, енергетикою, навколишнім середовищем і соціальним благополуччям; та через формування відповідальності та громадянської активності у реалізації сталого розвитку.

Саме забезпечення соціально-економічної інклюзії у процесі сталого розвитку закладу освіти, особливо технічного профілю, має гармоніювати і забезпечувати взаємозв'язки між галузевими економіками, енергетикою, навколишнім середовищем і соціальним добробутом задля сталого розвитку.

Список використаних джерел.

1. Півняк Г. Г., Щвець В. Я., Палєхова В. Л. (2016). Стратегія сталого розвитку як ключовий фактор для забезпечення конкурентоспроможності технічних вищих навчальних закладів. *Економічний вісник Дніпровської політехніки*. №4 (56). URL: https://ev.nmu.org.ua/docs/2016/4/EV20164_009-014.pdf.
2. Elder J. L. (2009). Higher education and the clean energy, green economy. In.: EDUCAUSE Review, 44(6), pp. 108-109. URL: https://er.educause.edu/articles/2009/10/higher-education-and-the-clean-energy-green-economy.
3. Miranda L. F., Sánchez J. O., Viloria J. de J. (2021). Environmental sustainability in higher education: Mapping the field. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. URL: https://doi.org/10.24320/redie.2021.23.e09.405.
4. Tripak, M., and Voloshchuk, M. (2023). Conceptualization and socio-economic scientific problems of inclusive education: international legislation, experience of EU

and Ukraine. Economic analysis, 33 (1). Pp. 243-251. DOI: https://doi.org/10.35774/econa2023.01.243.
5. Запорожченко Ю. Г. (2013). Використання засобів ІКТ для підвищення якості інклюзивної освіти. Інформаційні технології в освіті.. No 15. С. 138-145.
6. Чайковський М. (2015). Вітчизняний досвід інтегрованого та інклюзивного навчання у системі вищої освіти. *Людинознавчі студії. Серія «Педагогіка».* Випуск 1/33. С. 227-232.
7. Brendan O'Malley. (2020). Університети є ключовими для досягнення сталого розвитку. URL: https://forea.kpi.ua/universiteti-%D1%94-klyuchovimi-dlya-dosyagnennya-stalogo-rozvitku/.
8. Ляшенок О. М. (2020). Сталий розвиток закладів вищої освіти: локальні інформаційно-комунікативні аспекти. *Вчені записки Університету «КРОК»* No2(58). URL: http://surl.li/nhxvh.
9. Elder J. L. (2009). Higher education and the clean energy, green economy. *EDUCAUSE Review*, 44(6), pp.108-109. URL: https://er.educause.edu/articles/2009/10/higher-education-and-the-clean-energy-green-economy.
10. Пометун О. І. (2015). Педагогічні засади освіти для сталого розвитку в Українській школі. *Український педагогічний журнал*. №1. С.171–182.
11. Стратегія ІФНТУНГ на 2024-2028 рр. URL: https://nung.edu.ua/content/stratehiya-ifntunh-na-2024-2028-roky.
12. Положення про організацію інклюзивного навчання в ІФНТУНГ». URL: https://salo.li/b940bf4.
13. Кулик В. А., Мілька А. І. Звітність про сталий розвиток закладів вищої освіти. URL: https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/11/234.pdf.
14. Universities and Sustainable Development Towards the Global Goals. URL: https://eua.eu/downloads/publications/universities-and-sustainable-development-towards-the-global-goals.pdf.
15. Запухляк І.Б, Вербовська Л. С., Маланюк Н. І, Бойко М. О. (2023). Зміни закладів вищої освіти на шляху до сталого розвитку. *Науковий вісник ІФНТУНГ. Серія: Економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості*. №2(28), С.96-107.

MEASUREMENT OF THE RELATIVE CHANGE IN SURFACE DENSITY AND DENSITY OF TEXTILE MATERIALS USING ULTRASONIC NON-CONTACT METHOD

Zdorenko V.G.[1], Zashchepkina N.N.[1], Barylko S.V.[1], Zheldak I.S.[2]
[1]National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine
[2]Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

Abstract. To measure the relative change in surface density and density of textile materials, it is appropriate to use non-contact methods. A promising non-contact method that can be used to measure the relative change in surface density and density of textile materials is the ultrasonic method. When implementing the non-contact ultrasonic method in practice, it is necessary to use an appropriate measuring system with an additional reference channel. This paper presents a simplified block diagram of the measuring system and describes its principle of operation.
Keywords: surface density, density, textile material, ultrasonic measuring system, non-contact method.

INTRODUCTION

One of the main parameters controlled during manufacturing, which determines both the consumer properties and physical characteristics of textile materials, is the surface density and density of the material. To date, methods for determining the relative change in the surface density and density of textile materials are contact-based and destructive. It is evident that such methods do not allow for operational control of the relative change in surface density and density of the material in production, which leads to the appearance of defective finished products. Today, there is no standard non-contact method of measuring the relative change in surface density and density of textile materials that would allow for operational control of these parameters and would be easy to implement and operate. Therefore, to control the quality of a textile material, it is necessary to apply a method that will take into account the features of the structure itself and its influence on the informative parameters of the probing ultrasonic signal itself during measurement, which can be achieved using a reference textile material. For non-contact operational measurement of the surface density and density of various textile materials, it is necessary to study the propagation of ultrasonic waves in the media of several thread systems. This will make it possible to create high-precision process measurement and control devices adapted to the material structure in the future. Such devices could be used in the process of operational control of the surface density and density of various textile materials, which would increase the competitiveness of finished products with specified quality characteristics.

I. ANALYSIS OF KNOWN METHODS AND MEANS OF MEASURING THE RELATIVE CHANGE IN DENSITY OF TEXTILE MATERIAL DURING PRODUCTION

There are known non-contact methods for determining the relative change in the surface density and density of textile materials using ionizing radiation [1]. However, such devices require calibration when the activity of the radiation source decreases, and the measurement result is affected by the physical and mechanical parameters of textile materials, which does not allow for high accuracy when using such devices. The high cost of operation and disposal, as well as the need to ensure personnel protection from radiation, make it difficult to widely use such devices.

There are measuring systems that use capacitive primary transducers. The operation of such a system is to continuously scan the textile material and measure changes in its surface

density and density based on changes in the capacitance of its transducer. Papers [1,2] show that passing the textile material between the capacitor plates will change its capacitance. This establishes a relationship between the capacitance and the surface density or density of the material, while the relative change in capacitance allows us to determine the relative change in the surface density or density of the textile material.

Ultrasonic methods [3-5] have a number of significant advantages over other methods: relative simplicity of emission and reception of ultrasonic oscillations, sufficiently high measurement accuracy, and relatively low maintenance cost.

The analysis has shown that the most promising methods for measuring and controlling various technological parameters of textile materials are noncontact ultrasonic methods [6-15]. In this case, the material is exposed to ultrasonic waves, and the value of its parameters is determined by the ratio of the amplitudes of the ultrasonic wave that passed through the textile material and the wave that incident on it.

II. MATHEMATICAL MODEL OF THE CHANGE IN THE AMPLITUDE OF AN ULTRASONIC WAVE PROPAGATING IN A TEXTILE MATERIAL

The amplitude of ultrasonic waves that have passed through a controlled textile material having warp yarns with a diameter d_o and weft yarns with a diameter d_y, can be represented by the modulus of the complex transmission coefficient $|T|$. The acoustic impedance of the medium from which the wave is propagated is equal to Z_1, of the warp thread material – Z_2, of the weft thread material – Z_3, of the medium into which the wave is propagated after passing – Z_4. The expression for the complex transmission coefficient of an ultrasonic wave, which is repeatedly reflected from different boundaries of the media and passes through the pores and threads of the controlled material, is the sum of an infinitely decreasing geometric progression. The sum of this progression can be expressed in terms of the pressure in the wave after passing through the textile material:

$$\begin{aligned} P_{\text{пр.}} = \sum_{i=1}^{N} P_i = P_0((G_1T_{12}T_{24} + G_2T_{12}T_{24}) \cdot e^{jK_2d_o\frac{\pi}{4}} + \\ +(G_3T_{12}T_{23}T_{34} + G_4T_{13}T_{32}T_{24}) \cdot e^{2jK_{23}d_c\frac{\pi}{4}} + \\ +(G_1T_{12}T_{24}R_{24}R_{21} + G_2T_{12}T_{24}R_{24}R_{21}) \cdot e^{3jK_2d_o\frac{\pi}{4}} + \\ +\big(G_3T_{12}T_{23}T_{34}R_{21}R_{34}(1+R_{23})(1+R_{32}) \\ + \ G_4T_{13}T_{32}T_{24}R_{31}R_{24}(1+R_{32})(1+R_{23})\big) \cdot \\ \cdot e^{6jK_{23}d_c\frac{\pi}{4}} + \cdots \ ) \end{aligned} \tag{1}$$

where

$$G_1 = g_1'g_1'' = g_1' \cdot 1 = g_1',\ G_2 = g_2'g_2'' = g_2' \cdot 1 = g_2',$$

$$G_3 = g_3'g_3'' = g_3' \times$$

$$\times \frac{\sum_{N=0}^{\infty}\left(\left(1-(1-R_{21}R_{34})(1+R_{23})(1+R_{32})\right) \cdot e^{4jK_{23}d_c\frac{\pi}{4}}\right)^N}{\sum_{N=0}^{\infty}\left(R_{21}R_{34}(1+R_{23})(1+R_{32}) \cdot e^{4jK_{23}d_c\frac{\pi}{4}}\right)^N}, \tag{2}$$

$$G_4 = g_4'g_4'' = g_4' \times$$

$$\times \frac{\sum_{N=0}^{\infty}\left(\left(1-(1-R_{31}R_{24})(1+R_{32})(1+R_{23})\right)\cdot e^{4jK_{23}d_c\frac{\pi}{4}}\right)^N}{\sum_{N=0}^{\infty}\left(R_{31}R_{24}(1+R_{32})(1+R_{23})\cdot e^{4jK_{23}d_c\frac{\pi}{4}}\right)^N},$$

where T and R are the respective coefficients of transmission and reflection of ultrasonic waves at the boundaries of the respective media, where the first index denotes the medium from which the wave incident, and the second index denotes the medium into which the wave passes or from which the wave is reflected; K_2 is the wave number of the warp material;

K_{23} – is the average wave number of the warp and weft yarns; d_c is the average diameter of the warp and weft yarns of the textile material; $d_o\frac{\pi}{4}$, $2d_c\frac{\pi}{4}$ are values that determine the average distance of transmission and attenuation of ultrasonic waves in the material of the warp, warp and weft yarns together respectively.

The sum of the coefficients of the areas of various parts of the controlled material on which the waves incident and scatter is equal to$g_1' + g_2' + g_3' + g_4' = 1$. The coefficients $g_1'' \div g_4''$ are indicators of wave reflection from the boundary between the warp and weft thread media at their different acoustic resistances inside the material with mutual overlap.

The corresponding values for T and R can be expressed as:

$$\begin{aligned} T_{12} &= \frac{2Z_1}{Z_1+Z_2}, & R_{12} &= \frac{Z_1-Z_2}{Z_1+Z_2}, \\ T_{13} &= \frac{2Z_1}{Z_1+Z_3}, & R_{13} &= \frac{Z_1-Z_3}{Z_1+Z_3}, \\ T_{21} &= \frac{2Z_2}{Z_2+Z_1}, & R_{21} &= \frac{Z_2-Z_1}{Z_2+Z_1}, \\ T_{24} &= \frac{2Z_2}{Z_2+Z_4}, & R_{24} &= \frac{Z_2-Z_4}{Z_2+Z_4}. \end{aligned} \quad (3)$$

Under the conditions when: $Z_2 = Z_3$, $Z_1 = Z_4$та $G_1 = G_2 \approx 0$ (with sufficiently small pores between the warp and weft threads), the complex passage coefficient T can be determined from expression (1):

$$T = \frac{T_{12}T_{21}\cdot e^{2jK_{23}d_c\frac{\pi}{4}}}{1 - R_{21}R_{21}\cdot e^{4jK_{23}d_c\frac{\pi}{4}}} = \frac{T_{12}T_{21}\cdot e^{jK_{23}d_{oy}\frac{\pi}{4}}}{1 - R_{21}R_{21}\cdot e^{2jK_{23}d_{oy}\frac{\pi}{4}}}, \quad (4)$$

where d_{oy} – sum of warp and weft diameters.

Considering the attenuation α of ultrasonic waves in a textile material [16], the wavenumber K_{23} can be represented as follows:

$$K_{23} = \frac{2\pi f}{c_2} + j\alpha, \quad (5)$$

By substituting (3), (5) into (4) and simplifying, we get:

$$T = \frac{2}{\left(e^{d_{oy}\frac{\pi}{4}\left(-\alpha+j\frac{2\pi f}{c_2}\right)} + e^{d_{oy}\frac{\pi}{4}\left(\alpha-j\frac{2\pi f}{c_2}\right)}\right) - \left(\frac{Z_2}{2Z_1}+\frac{Z_1}{2Z_2}\right)\left(e^{d_{oy}\frac{\pi}{4}\left(-\alpha+j\frac{2\pi f}{c_2}\right)} - e^{d_{oy}\frac{\pi}{4}\left(\alpha-j\frac{2\pi f}{c_2}\right)}\right)},$$

$$T = \frac{1}{cos\left(\frac{d_{oy}\pi^2 f}{2c_2}+jd_{oy}\frac{\pi}{4}\alpha\right) - j\left(\frac{Z_2}{2Z_1}+\frac{Z_1}{2Z_2}\right)\cdot sin\left(\frac{d_{oy}\pi^2 f}{2c_2}+jd_{oy}\frac{\pi}{4}\alpha\right)}, \quad (6)$$

or

$$T = \frac{1}{\cos K_{23} d_{oy} \frac{\pi}{4} - j\left(\frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2}\right) \cdot \sin K_{23} d_{oy} \frac{\pi}{4}} .$$

Given that the value$(K_{23} d_{oy} \frac{\pi}{4})/2 << 1$, the complex transmission coefficient T can be expressed as:

$$T = \frac{1}{1 - j\left(\frac{Z_2}{Z_1} + \frac{Z_1}{Z_2}\right) \cdot K_{23} d_{oy} \frac{\pi}{8}} , \quad (7)$$

and the modulus $|T|$ can be expressed as:

$$|T| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\left(\frac{Z_2}{Z_1} + \frac{Z_1}{Z_2}\right) K_{23} d_c \frac{\pi}{4}\right)^2}} . \quad (8)$$

Given that the value of $Z_1/Z_2 << 1$, the expression (8) for the modulus |T| of the complex transmission coefficient can be written as:

$$|T| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{m_s f \left(K_o + K_y\right)^2}{Z_1}\right)^2}} , \quad (9)$$

where m_s is the surface density of the textile material;

f is the frequency of ultrasonic oscillations;

K_o, K_y are coefficients that take into account the distances between the warp and weft threads and their deformation in the interweaving.

In the case when $K_o + K_y = 2$, for warp and weft yarns, the modulus |T| of the complex passage coefficient can be represented as follows:

$$|T| = \frac{1}{\sqrt{1 + {m_s}^2 B^2}}, \quad (10)$$

where value $B = 4f/Z_1$ is constant at a constant frequency f of ultrasonic oscillations.

After analyzing expression (10), we can conclude that when $m_s B >> 1$ the dependence of the modulus $|T|$ of the complex transmission coefficient approaches a hyperbolic dependence, which can be represented as:

$$|T| = \frac{1}{m_s B}. \quad (11)$$

In order to accurately determine the value of the surface density m_s using the amplitude ratios of ultrasonic waves, it is necessary to evaluate the accuracy of the description of the obtained mathematical model.

The amplitude ratio of the ultrasonic waves transmitted through the controlled fabric and the waves incident on it is proportional to the amplitude ratio of the voltages $|T| = U_{tr.}/U_{ref.}$. Where the amplitudes of the voltages $U_{ref.}$ and $U_{tr.}$ are proportional to the specified amplitudes of ultrasonic vibrations and will be generated at the output of the corresponding detectors of the ultrasonic measuring system.

III. NON-CONTACT METHOD FOR MEASURING THE RELATIVE DEVIATION OF SURFACE DENSITY AND DENSITY OF TEXTILE MATERIALS

In the course of the research, a block diagram of a computerized information and measuring system was created to determine the deviation of the surface density of a textile material m_s and to determine the deviation of its density ρ, which is shown in Fig. 1. The system

is based on the conversion of sinusoidal voltage fluctuations from the generator 1 into probing pulses, which are amplified by the output amplifier 4 and converted into ultrasonic wave packets by piezoelectric transducers 5, 6, 7, 8. These pulse packets are radiated in the direction of textile materials 24 (reference sample) and 25 (test material), with a known density ρ_0 and an unknown density ρ.

Packets of ultrasonic waves are also emitted in the direction of porous materials 5,6,7,8 with a controlled density ρ. These packets also pass through the materials 24 and 25 and are received by piezoelectric transducers 9,10,11,12 and then fed to the inputs of the first multiplexer 13. The multiplexer 13 operates at a switching frequency that is 50-100 times less than the frequency *f* of the sinusoidal oscillations of the generator 1.

By connecting the output of the first receiving piezoelectric transducer 12 for the first reference channel to the input of the first multiplexer 13, we obtain pulse packets that are amplified by an adjustable amplifier 14, and then detected by a detector 15, and pass through a high-pass filter 16.

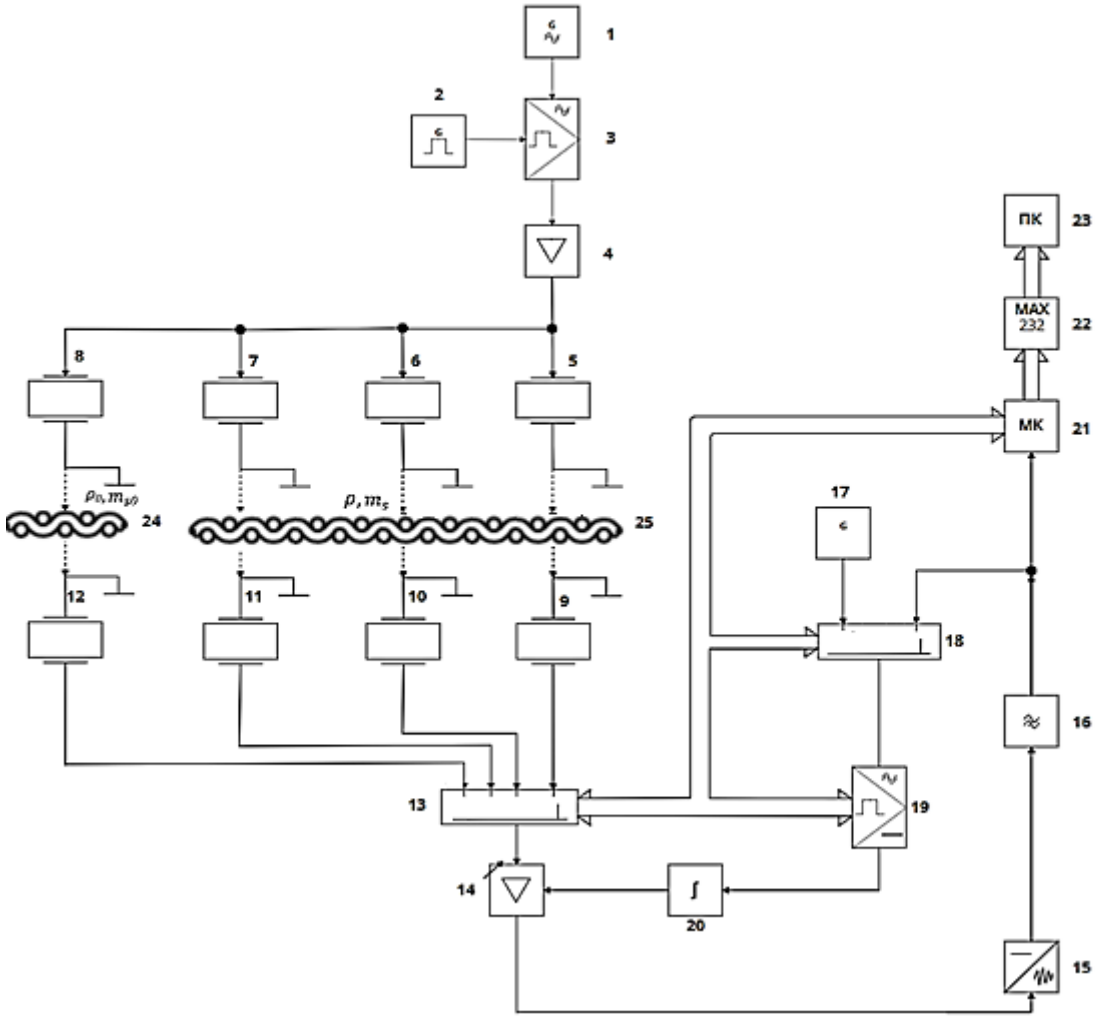


Fig.1. Computerized IMS with an ultrasonic meter of surface density m_s and density ρ of textile material

After that, they are sent to the input of the microcontroller 21 and to the input of the second multiplexer 18 in the form of a voltage U1, which can be represented as:

$$U_1 = K_1K_2K_3K_4K_5 \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{Km_{s0}f}{\rho_1 c_1}\right)^2}} U_m, \quad (12)$$

where $K = \left(K_o + K_y\right)^2$; $K_1$is the gain of the amplifier 4; K_2 is the conversion factor for piezoelectric transducers that emit (5, 6, 7, 8) and receive (9, 10, 11, 12) ultrasonic waves; K_3 is the coefficient of the adjustable amplifier 14; K_4 K 4 is the conversion coefficient of the detector 15; K_5 is the transmission coefficient of the high-pass filter 16; U_m is the amplitude of the sinusoidal voltage of the generator 1; f is the frequency of ultrasonic waves; K_1 is the coefficient of the amplifier 4; m_{s0} is the surface density of the reference textile material 24.

When choosing the frequency f it is chosen so that the value $\frac{Km_{s0}f}{\rho_1 c_1} >> 1$, then expression (12) can be presented as:

$$U_1 = K_1K_2K_3K_4K_5 \frac{\rho_1 c_1}{Km_{s0}f} U_m. \quad (13)$$

For the first measuring channel, the parameters determined for the environment include the density and propagation speed of ultrasonic waves in this environment. Taking into account the parameters of the first measuring channel, we obtain the voltage:

$$U_2 = K_1K_2K_3K_4K_5 \frac{\rho_1 c_1}{Km_{sf}} U_m. \quad (14)$$

If the packet amplitudes are unequal, a variable frequency component may appear in the output signal of the high-pass filter 16, which has a cutoff frequency equal to or slightly higher than the switching frequency of the first multiplexer 13.

$$U_3 = \frac{U_1 - U_2}{2} = \frac{K_1K_2K_3K_4K_5\rho_1 c_1}{2Kf} \cdot \frac{m_s - m_{s0}}{m_s m_{s0}} U_m. \quad (15)$$

The voltage U_3 is fed to the input of the microcontroller 21. Also, the voltage supplied from the DC voltage source 17 and the voltage U_2 from the output of the high-pass filter 16 are sequentially alternately fed through the multiplexer 18 to the input of the phase-sensitive rectifier 19. The variable component of the switching frequency can be represented as follows:

$$U_3' = \frac{U_0 - U_2}{2}. \quad (16)$$

The phase-sensitive rectifier 19 equalizes the input voltage, which is supplied to the integrator 20. The output voltage from the integrator 20 is fed to the control input of the amplifier 14, which has an adjustable amplification factor that changes to equalize the rectified voltage U_1 with the constant reference voltage U_0. When these voltages are equal:

$$U_0 = K_1K_2K_3K_4K_5 \frac{\rho_1 c_1}{Km_{s0}f} U_m. \quad (17)$$

At the same time, the output voltage of the phase-sensitive rectifier 19 will be zero, and the integrator 20 will maintain a constant value of the gain K3 of the amplifier 14, which is equal to:

$$K_3 = \frac{Km_s f}{K_1 K_2 K_4 K_5 \rho_1 c_1} \cdot \frac{U_0}{U_m}. \quad (18)$$

Taking into account the constant value K_3 of the coefficient of amplifier 14, the alternating voltage U_3' of the switching frequency can be represented as follows:

$$U_3' = \frac{U_0}{2} \cdot \frac{m_s - m_{s0}}{m_{s0}} = \frac{U_0}{2} \frac{\Delta m_s}{m_{s0}}. \quad (19)$$

The voltage U_3' in the microcontroller 21 is converted into a digital code and can be transmitted to a PC 23 via a logic level conversion unit 22. This allows displaying the current value of the surface density m_s or the relative deviation of the surface density δ_{m_s} of the controlled material 25 from the nominal value, which are calculated by the following expressions:

$$m_s = m_{s0}\left(1 + \frac{2U_3'}{U_0}\right); \delta_{m_s} = \frac{m_s - m_{s0}}{m_{s0}} \cdot 100\% = \frac{2U_3'}{U_0} \cdot 100\%. \quad (20)$$

The other measuring channels work in a similar way and also compare the results of the surface density m_s measurements with the reference channel, after which the average value of the m_s parameter is determined at different points of the textile material 25.

The surface densitym_s of the textile material depends on various parameters that can also affect the informative parameters of the ultrasonic waves. The density ρ of the textile material affects various process parameters, including the surface density m_s. In order to perform non-contact ultrasonic measurement of the bulk densityρ of a textile material, we will show their relationship with each other, and this relationship can be expressed as follows:

$$\rho = \frac{4Km_s}{\pi^2 d_{oy}}. \quad (21)$$

Considering formula (21), it is also possible to present the density ρ or the relative deviation of the density δ_ρ of the controlled material 25 from the nominal value, which are calculated by the following expressions:

$$\rho = \frac{2\,Z_1}{\pi^2 d_c f|T|} = \frac{2Km_s}{\pi^2 d_c} = \frac{2Km_{s0}\left(1 + \frac{2U_3'}{U_0}\right)}{\pi^2 d_c} = \rho_0\left(1 + \frac{2U_3'}{U_0}\right), \quad (22)$$

$$\delta_\rho = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \cdot 100\% = \frac{2U_3'}{U_0} \cdot 100\%,$$

where ρ_0 is the volumetric density of the reference textile material 24.

The other measuring channels work in a similar way and also compare the results of the density measurements ρ with the reference channel, after which the average value of the parameter ρ is determined at different points of the textile material 25.

Conclusions

The paper shows the possibility of using a computerized information and measuring system for non-contact measurement of the relative deviation of the surface density and density of a controlled textile material, which is currently a promising area in modern industry. The advantages of this method and the non-contact system based on it are the ability to quickly provide reliable monitoring of technological parameters with high accuracy, excluding environmental parameters and transmission coefficients of the system components on the measurement results, which is important for ensuring the desired quality and competitiveness of finished products. This method can be widely used in production environments to control the technological parameters of various materials in the process of their manufacture.

References

1. Gloy Y.-S., Gries T., Spies G. (2013). Non Destructive Testing of Fabric Weight in the Weaving Process. 13th International Symposium on Nondestructive Characterization of Materials (NDCM-XIII) , 20-24 May 2013, Le Mans, France. NDT.net Issue: 2014-04.
2. Mihlin B.Z. High-frequency capacitive and inductive sensors. Moscow – Leningrad, 1960. p. 72.
3. Pat. 73763 Ukraine, IPC G01N33/36, G01N29/00. Ultrasonic method for determining the surface density of materials. Skrypnyk Y.O., Zdorenko V.G., Barylko S.V., Efimenko V.B.; applicant and patentee *Kyiv National University of Technology and Design*, № u201202723; application for patent for Ukraine from 06.03.2012; pub. 10.10.2012. Bul. № 19.
4. Oliynyk Y.A., Bystra I.M., Kuts Y.V.. Experimental studies of the phase method of ultrasonic nondestructive control.. *East European Journal of Advanced Technologies.* Kharkiv, 2013. № 1/9 (61). P. 49–52.
5. Moroz O.M., Cherenkov O.D., Sverhun Y.F. The use of acoustic vibrations in technological processes of production. Bulletin of the Kharkiv National Technical University of Agriculture "Problems of energy supply and energy saving in the agro-industrial complex of Ukraine". Kharkiv, 2005. Issue. 43, Vol. 1. P. 145–151.
6. Zdorenko V, Kyzymchuk O, Barylko S, et al (2018). The use of ultrasonic method for determining the basis weight of textile materials, *The Journal of The Textile Institute*, 109, P. 410-418.
7. Barylko S, Zdorenko V, Kyzymchuk O, et al (2019). Adaptive ultrasonic method for controlling the basis weight of knitted fabrics, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 14, P. 1-7.
8. Zdorenko V. Non-contact ultrasound method of thread tension determination for lightindustry machinery / Zdorenko V., Barylko S., Lisovets S., Kucheruk V. // Bulletin of the Karaganda University, Physics Series. 104. 2021. – P. 35 –45.
9. Zdorenko V. Contactless ultrasonic method for determining knitted fabrics tension / Zdorenko V., Barylko S., Zashchepkina N., Markin M., Shipko D. // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Vol.112. 2022. – P. 13 –24.
10. Zdorenko V. Development of a Computerized Control System Structure and Study of Ultrasonic Wave Propagation in Various Textile Materials / Zdorenko V., Barylko S., Zashchepkina N., Zaporozhets A., Lisovets S., Kiva I. // Studies in Systems, Decision and Control. 460. 2023. – P. 33 – 82.
11. Zdorenko V. Research on the Interaction of Ultrasonic Waves with Various Textile Materials in the Process of Non-contact Control / Zdorenko V., Barylko S., Zashchepkina N., Zaporozhets A., Lisovets S., Kiva I. // Studies in Systems, Decision and Control. 460. 2023. – P. 83 – 124.

12. Zdorenko V. Application of Non-contact Methods to Control the Technological Parameters of Textile Materials in the Production Process / Zdorenko V., Barylko S., Zashchepkina N., Zaporozhets A., Lisovets S., Kiva I. // Studies in Systems, Decision and Control. 460. 2023. – P. 125 – 165.
13. Zdorenko V. Design of the Models and Methods of Constructing Computerized Control Systems of Technological Parameters of Textile Materials / Zdorenko V., Barylko S., Zashchepkina N., Zaporozhets A., Lisovets S., Kiva I. // Studies in Systems, Decision and Control. 460. 2023. – P. 167 – 214.
14. Zdorenko V. Development of Experimental Samples of Computerized Systems and Non-contact Control Over Technological Parameters of Textile / Zdorenko V., Barylko S., Zashchepkina N., Zaporozhets A., Lisovets S., Kiva I. // Studies in Systems, Decision and Control. 460. 2023. – P. 215 – 289.
15. Zdorenko V.G. Application of an ultrasonic device for determining the surface density of textile fiber mass / Zdorenko V.G., Barylko S.V., Lisovets S.M., Shipko D.O. // Bulletin of the Kyiv National University of Technology and Design. №5 (150). 2020. – P. 67 –73.
16. Zdorenko V.G., Barylko S.V., Chornomorchenko V.K., Zashchepkina N.M. Study of the attenuation of ultrasonic wave amplitudes in the control of tissues with different surface densities. Bulletin of the Kyiv National University of Technology and Design. 2013. № 3 (71). P. 24–29.

DYNAMIC CHARACTERISTICS RESEARCH TANK TRUCKS

Zinko R.[1], Voityk Ya .[1], Polishchuk O.[2], Polishchuk A.[2]
[1] National University «Lvivska Polytechnika», Ukraine
[2] Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. The article is devoted to the study of the dynamic characteristics of the tank truck. For this purpose, an analysis of research into the operation of tank trucks was carried out. Based on the review, a mechanical model is proposed, where the liquid as a component is replaced by a mechanical pendulum. The movement pattern is modeled: the tanker moves evenly, then stops abruptly with the wheels locked - impact collision mode, as the heaviest load for the structural elements of the tank boiler. A mathematical model of the movement of the tank truck was obtained. The movement of a tanker with a tractor was simulated using MathCAD 11.0 software. The simulation was carried out for three options for filling the boiler. The dependence of the reaction in the fifth wheel coupling device on the braking speed was obtained. Satisfactory convergence of the results of the calculation of the test model with the results of calculations according to the method developed on the mechanical analogy of fluid fluctuations in the boiler was obtained.
Keywords: tank truck, trailer, simulation, mechanical model, tank movement.

1. Introduction

Despite the constant improvement of tank boiler manufacturing technologies, there are a number of geometric imperfections of the form that have a significant impact on the stress-strain state (SST) of the boiler. This imperfection includes, in particular: deviation (angularity) of welds, displacement of the edges of the seams and ovality. As a result of the action of the listed factors, the profile of the tank's boiler shell becomes non-circular, which in turn affects the VAT of the structure.

Experience in the design of tank boilers and similar tanks has shown that accounting for the initial imperfection can reduce cases of structural integrity violations and the number of man-made disasters. In this regard, a qualitative and quantitative study of the initial geometric imperfection of tank boilers and the impact of such imperfection on the VAT structure is an urgent task.

2. Analysis of research into the operation of tank trucks

Many studies have been devoted to the peculiarities of the movement of cars transporting water tanks. The main directions of research are related to the dynamics of the movement of tankers in transient modes and when the tank is partially filled with water. At the same time, the oscillations of the machine elements and the influence of the movement of water on the safety of the car were studied.

One of the causes of road accidents is splashing of liquid in a partially filled tank [1–4]. Due to the difference in the density of liquid cargo and the limitation of the load on the axle of vehicles, the tanks are in a partially filled state most of the time. In connection with the existence of a space free of liquid for splashing, when the state of movement of the vehicle changes, transient liquid splashing occurs [5, 6].

A number of studies simulate an equivalent mechanical model that can accurately demonstrate the dynamic characteristics of liquid splashing in a partially filled tank [7–10]. When evaluating the dynamic analysis of a boiler using an equivalent mechanical model of liquid splashing, the greatest difficulty to investigate is the relationship between the liquid cargo and the rigid vehicle. To solve this problem, the stability of the boiler movement is analyzed in the multibody analysis software, or the contraction analysis method is used [11, 12]. None of

the methods had the advantage of an equivalent mechanical model for fluid splash, because the stability of the vehicle motion cannot be accurately described by the analytical model for the vehicle stability control system.

In this study, a mechanical model is proposed, where the liquid as a component is replaced by a mechanical pendulum [13].

3. Basic material

3.1. Calculation scheme and accepted assumptions

Let's simulate the movement scheme: the tanker moves evenly, then stops abruptly with the wheels locked - the shock collision mode, as the heaviest load for the structural elements of the tank's boiler.

In the studies, the same law of change of the total braking torque was adopted $M_{gal}(t)$ (Fig. 1). To do this, in the equations of the mathematical model, the driving torque of the drive was replaced by the braking torque [13].

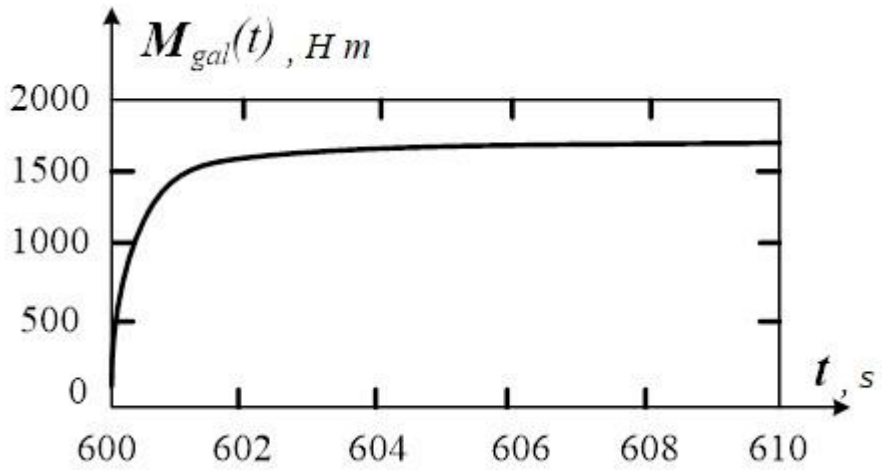


Fig. 1. Change total braking torque applied to the wheels tank trucks during them braking

It is necessary to determine the loads acting on the bottom of the boiler, which makes it possible to apply a discrete dynamic model, when the structure of the tank truck is represented by a system of concentrated masses connected in the longitudinal direction by elastic elements. The spring-friction absorbing mechanism consists of elastic elements and an absorbing damper. The elastic elements simulate the stiffness of the structural elements of the tractor and semi-trailer. At the same time, it is assumed that the absorbing damper (shock absorber) is installed in series with the structural elements of the tank truck.

The power characteristic of the spring-friction absorbing mechanism is given analytically using a piecewise linear function.

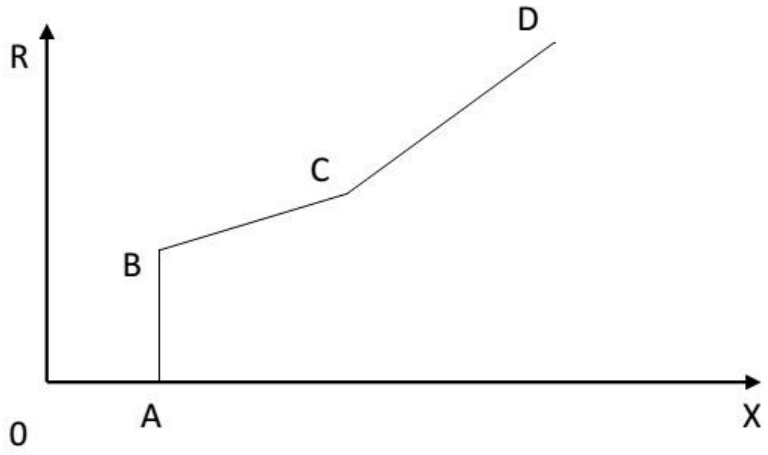


Fig. 2. Approximate characteristics of the spring-friction absorbing mechanism

When the shock absorber is compressed, the load line *BCD* of the force characteristic (Fig. 2) is built according to the analytical dependence:

$$R = \begin{cases} R_B + \dfrac{R_C - R_D}{X_C} \cdot x \text{ under } x \le X_C; \\ R_C + \dfrac{R_D - R_C}{X_D - X_C} \cdot (x - X_C) \text{ under } x \le X_D, \end{cases}$$

where *R* is the force in the traction-coupling device acting on the body of the mechanism;

RB, *RC*, *RD* - ordinates of points B, C, *D* on the graph of Fig. 2;

XB, *XC*, *XD* - abscissas of points B, C, *D* on the graph of Fig. 2;

x - movement of the mechanism.

We will also assume that the deformations of the structural elements of the tank truck obey Hooke's law. We do not take into account the forces of inertia of the tractor and semi-trailer parts and viscous friction in the connections between them. The effect of the liquid load on the boiler will be determined by the values of the horizontal projections of the total pressure of the liquid on the front and rear bottoms.

3.2. Mathematical model of tank truck movement

To study the movement of a tank truck, we will write down a mathematical model based on the second-order Lagrange equation [14-15].

A feature of such a machine is the presence of a special traction-coupling device with an absorbing mechanism, which provides the possibility of longitudinal movement of the semi-trailer along the tractor vehicle [16]. The fluctuations of the liquid cargo are described by the movement of the mass suspended on a rigid base in the center of the tank (Fig. 3).

Let's choose three coordinate systems: $X_0O_0Z_0$ - stationary and lying in a vertical plane, the axis O_0Z_0 is directed against the force of gravity, the axis O_0X_0 is horizontal and directed in the direction of the movement of the tanker; $X_1O_1Z_1$ - rigidly connected to the chassis of the tank truck, and lies in the plane $X_0O_0Z_0$; $X_2O_2Z_2$ - rigidly connected to the boiler of the tank and lies in the plane $X_0O_0Z_0$.

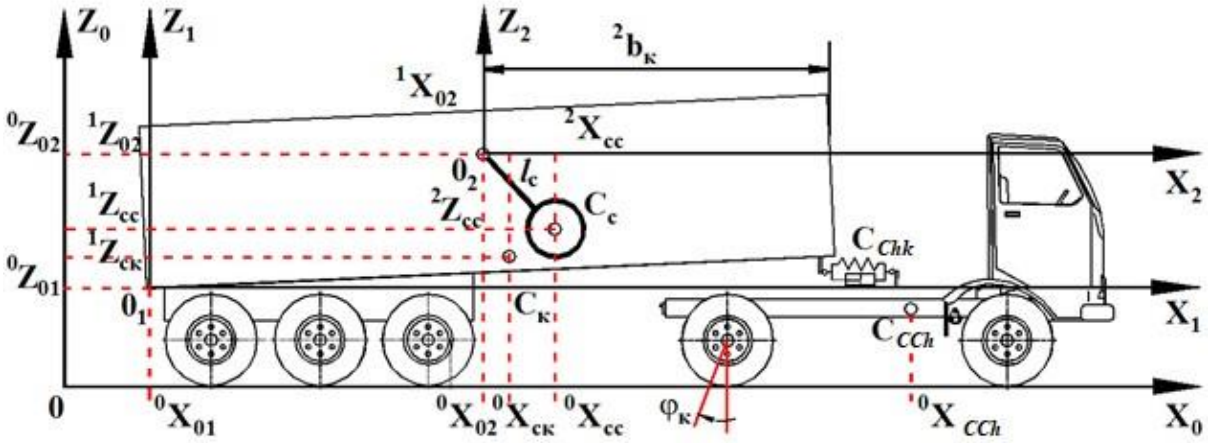


Fig. 3. Calculation diagram of a tank truck

Coordinates of origins O_1, O_2 coordinate systems $X_1O_1Z_1$, $X_2O_2Z_2$ in the coordinate system $X_0O_0Z_0$: ${}^0\mathrm{X}_{\mathrm{O1}}$ - variable, ${}^0Z_{\mathrm{O1}}$ - constant, ${}^0Z_{\mathrm{O2}} = {}^0Z_{\mathrm{O1}} + {}^1Z_{\mathrm{O2}}$, ${}^0\mathrm{X}_{\mathrm{O2}} = {}^0\mathrm{X}_{\mathrm{O1}} + {}^1X_{\mathrm{O2}}$.

The coordinates of the centers of mass of the chassis C_{Ch}, tank C_K, and liquid cargo C_c in the coordinate system $X_0O_0Z_0$ are as follows:

$$\begin{cases} {}^0X_{CCh} = {}^0\mathrm{X}_{\mathrm{O1}} + {}^1X_{CCh}; \\ {}^2Z_{CC} = {}^0Z_{\mathrm{O1}} + {}^1Z_{CCh}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} {}^0X_{CK} = {}^1\mathrm{X}_{\mathrm{O2}} + {}^0X_{01} + {}^2X_{CK}; \\ {}^0Z_{CK} = {}^1Z_{\mathrm{O2}} + {}^0Z_{01} + {}^2Z_{CK}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} {}^0X_{CC} = {}^1\mathrm{X}_{\mathrm{O2}} + {}^0X_{01} + l_C \sin({}^2\phi_C); \\ {}^0Z_{CC} = {}^1Z_{\mathrm{O2}} + {}^0Z_{01} + l_C \cos({}^2\phi_C). \end{cases}$$

For the generalized coordinates, we choose $q_1 = {}^0\mathrm{X}_{01}$, $q_2 = {}^1\mathrm{X}_{02}$, $q_3 = {}^2\phi_C$, $q_4 = \phi_K$ - the angle of rotation of the traction wheel.

Projections of velocities c.m. chassis, tanks, liquid cargo in the coordinate system $X_0O_0Z_0$:

$$\begin{cases} {}^0\dot{\mathrm{X}}_{CCh} = {}^0\dot{\mathrm{X}}_{\mathrm{O1}}; {}^0\dot{Z}_{CCh} = {}^0\dot{Z}_{\mathrm{O1}}; {}^0\dot{\mathrm{X}}_{CK} = {}^0\dot{\mathrm{X}}_{\mathrm{O1}} + {}^1\dot{\mathrm{X}}_{\mathrm{O2}}; {}^0\dot{Z}_{CK} = 0; \\ {}^0\dot{X}_{CC}\ {}^0\dot{\mathrm{X}}_{\mathrm{O1}} + {}^1\dot{\mathrm{X}}_{\mathrm{O2}} + {}^2\dot{\phi}_C l_c \cos({}^2\phi_C); {}^0\dot{Z}_{CC} = -{}^2\dot{\phi}_C l_c \sin({}^2\phi_C). \end{cases}$$

Then the kinetic energy of the system is equal to:

$$T = \frac{1}{2} m_{Ch}\, {}^0\dot{\mathrm{X}}_{01}^2 + \frac{1}{2} m_K \left({}^0\dot{\mathrm{X}}_{01} + {}^1\dot{\mathrm{X}}_{02} \right)^2 + \frac{1}{2} m_C \left\{ \left[\left[{}^0\dot{\mathrm{X}}_{\mathrm{O1}} + {}^1\dot{\mathrm{X}}_{\mathrm{O2}} + {}^2\dot{\phi}_C l_c \cos({}^2\phi_C) \right]^2 + \left[{}^2\dot{\phi}_C l_c \sin({}^2\phi_C) \right]^2 \right] \right\} + \frac{1}{2} I_K \dot{\phi}_K^2 ,$$

$$\begin{cases} Q_1 = \dfrac{C_{KCh}}{R_K}\left(\phi_K - \dfrac{{}^0X_{01}}{R_K}\right) - f_\partial\left(m_{Ch} + m_K + m_C\right) sign\left({}^0\dot{X}_{01}\right) g; \\ Q_2 = C_{ChK}\left({}^1X_{Ch1} - \left({}^1X_{02} + {}^2b_K\right) - l_{ChK}\right) - f_{Ch}\left(m_K + m_C\right) g \cdot sign\left({}^1\dot{X}_{02}\right); \\ Q_3 = -m_C g l_C \sin\left({}^2\phi_C\right) - \alpha_C\, {}^2\dot{\phi}_C m_C g; \\ Q_4 = A - C_{KCh}\left(\phi_K - \dfrac{{}^0X_{01}}{R_K}\right), \end{cases}$$

where $A = M_K(\dot{\phi}_K)$ is the torque of the drive motor applied to the drive wheel shaft during the acceleration and steady motion of the tanker;

$A = -M_{gal}(t)$ - the total braking moment from the brakes at the stage of braking or parking of the tanker;

f_∂, f_{Ch} - coefficients of resistance to the movement of the tank truck from the side of the road and movement of the tank from the side of the chassis;

α_C - coefficient of internal friction of the liquid per unit mass of the liquid cargo.

Then the mathematical model of the movement of the elements of the tank truck looks like this:

$$\begin{cases} m_{ш}\,{}^0\ddot{X}_{01} + \left(m_K + m_C\right)\left({}^0\ddot{X}_{01} + {}^1\ddot{X}_{02}\right) + m_C\left[{}^2\ddot{\varphi}_C l_c \cos({}^2\varphi_C) - \left({}^2\dot{\varphi}_C\right)^2 l_c \sin({}^2\varphi_C)\right] = Q_1 \\ \left(m_K + m_C\right)\left({}^0\ddot{X}_{01} + {}^1\ddot{X}_{02}\right) + m_C\left[{}^2\ddot{\varphi}_C l_c \cos({}^2\varphi_C) - \left({}^2\dot{\varphi}_C\right)^2 l_c \sin({}^2\varphi_C)\right] = Q_2 \\ m_C\left\{\left({}^0\ddot{X}_{O1} + {}^1\ddot{X}_{O2}\right) l_c \cos({}^2\varphi_C) + {}^2\ddot{\varphi}_C l_C^2\right\} = Q_3 \\ I_K\ddot{\varphi}_K = Q_4 \end{cases}$$

The mathematical model of the tanker is a system of ordinary differential equations of the second order, which are not solved with respect to higher derivatives. Therefore, after assigning specific values to the constants, this system is solved with respect to the second derivatives of the generalized coordinates in time.

In the future, it is advisable to use the method of solving the Cauchy problem for systems of differential equations of the first order using the Mathcad program. Therefore, in each part of the Mathcad program, a transition from a system of second-order differential equations to a system of first-order differential equations solved with respect to these derivatives should be performed. Integration of the obtained systems of equations can be performed, for example, by the RADAUS algorithm for rigid systems of differential equations using the standard Mathcad function: Radau (y_0, t_0, t_1, M, F) [17].

3.3. Simulation results

Mathematical modeling was carried out for a tank truck with a DAF XF 105.410 tractor using specialized MathCAD 11.0 software. The solution of the system of differential equations is obtained by standard methods with adaptive step selection (built-in Bulstoer function).

In the experiments carried out in the range of values of the angular speed $\left(\dfrac{d\phi_к}{dt}\right)$ of the traction wheels of 2.6–22 rad/ sec, the characteristics of the engine are almost "ideal", that is, its power N_d in this interval:

$$N_d = M_k\left(\frac{d\phi}{dt}\right)\cdot\frac{d\phi}{dt} \cong const.$$

The nature of changes in the longitudinal movements and speeds of the chassis during braking of the tanker is shown in Fig. 4.

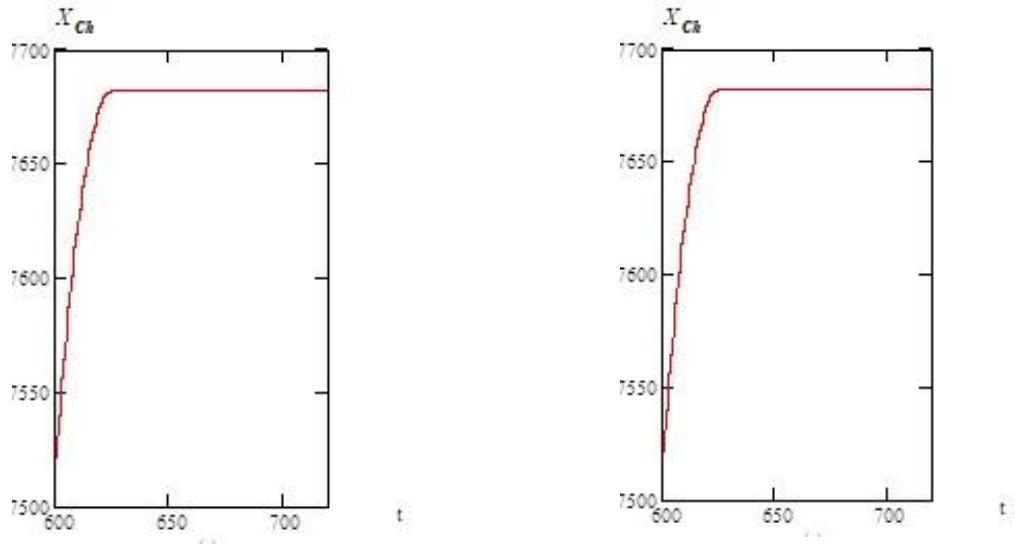


Fig. 4. The nature of changes in the longitudinal movements and speeds of the chassis during braking of the tank truck

The simulation was carried out for three options for filling the boiler: 1) the boiler is completely filled with water (underfill is zero); 2) the boiler is filled with water to the level corresponding to the useful volume (underfill equals 0.3 m); 3) the boiler of the cistern is half filled with water (underfill is equal to the radius of the cylindrical part of the boiler of the cistern - 1.5 m). The tank truck was equipped with a fifth wheel coupling device (SZP) with an absorbing mechanism (PM). Braking was carried out both with a normally working absorbing mechanism and without it. Modeling of fluid oscillations was performed using a mechanical analog, and the main tone of oscillations was taken into account, therefore, the influence of only the first harmonic is also taken into account in our model. The results of test calculations are presented in fig. 5 - 7 in the form of dependences of the reaction in the SZP on the braking speed. In graphs 5, 6, the breaks corresponding to the speed at which the PM is closed are shifted to the side of high speeds when using the "shallow water" theory [18]. For a tank with a full filling, the relative difference in the speed of closing the PM is 3.0%, for a tank with an underfill of 0.3 m - 15.2%.

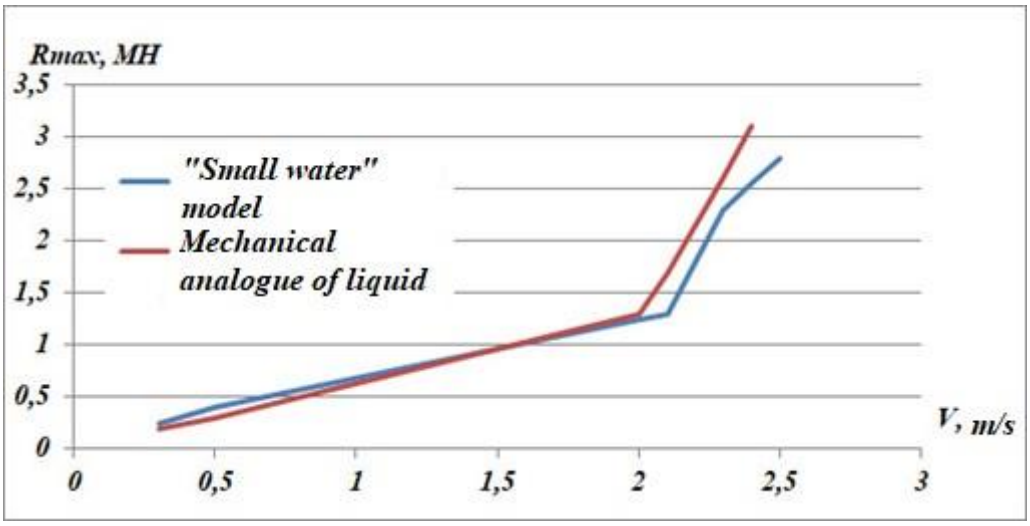


Fig. 5. Dependence of the maximum force in the SZP on the collision speed for a tank with full filling.

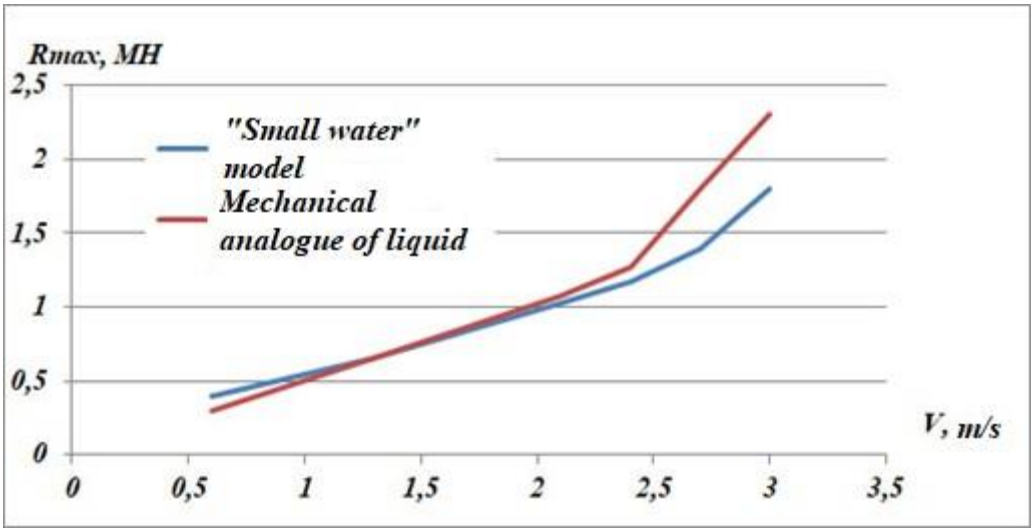


Fig. 6. Dependence of the maximum force in the TZP on the collision speed for filling the tank with an underfill of 0.3 m.

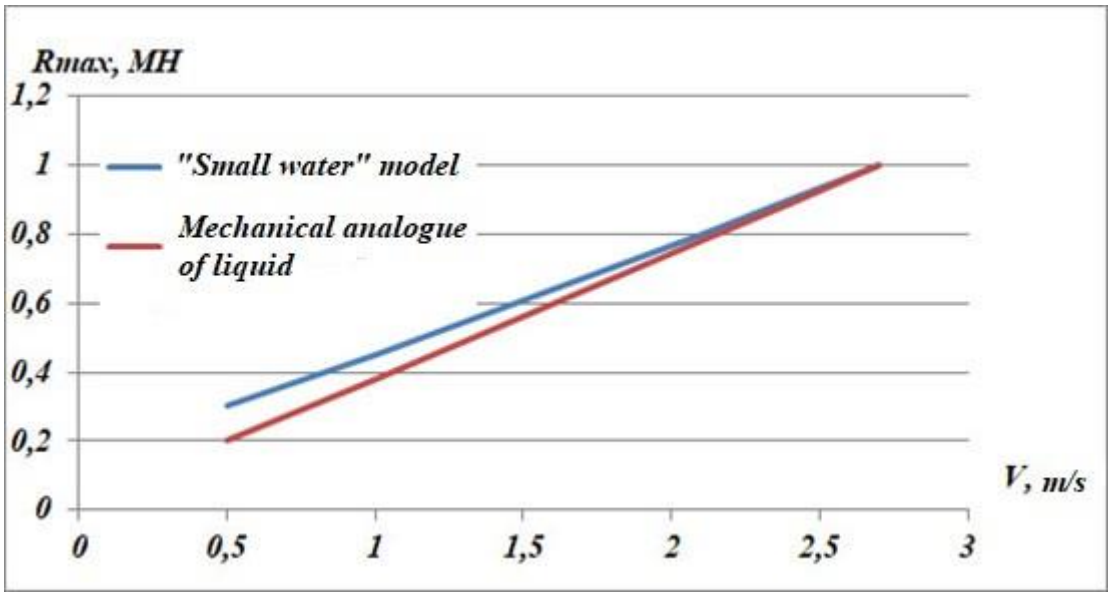


Fig. 7. Dependence of the maximum force in the TZP on the collision speed for half full

It can be seen from the graphs that the convergence of the results of the calculation of the test model with the results of calculations according to the method developed on the mechanical analogy of fluid fluctuations in the boiler can be considered satisfactory.

CONCLUSION

Taking into account the accepted assumptions, a mathematical model of the movement of a tractor with a tank semi-trailer based on the Lagrange equation of the 2nd kind is written down. The fluctuation of the liquid cargo is described by the movement of the mass suspended on a rigid base in the center of the tank. The integration of the resulting systems of equations can be performed by the RADAUS algorithm for rigid systems of differential equations using the following standard Mathcad function.

The convergence of the calculation results of the test model with the results of calculations according to the methodology developed on the mechanical analogy of fluid fluctuations in the boiler can be considered satisfactory.

REFERENCES

1. M. I. Salem, H. Victor, M. Mucino et al. (1999) “Review of parameters affecting stability of partially filled heavy-duty tankers,” *SAE Technical Paper* 1999-01-3709.
2. X. Kang, S. Rakheja, and I. Stiharu. (2002) “Cargo load shift and its influence on tank vehicle dynamics under braking and turning,” *Heavy Vehicle Systems*, vol. 9, no. 3, pp. 173–203.
3. W. H. Wang, Q. Cao, K. Ikeuchi, and H. Bubb. (2010). “Reliability and safety analysis methodology for identification of drivers' erroneous actions,” *International Journal of Automotive Technology*, vol. 11, no. 6, pp. 873–881.
4. W. Wang, W. Zhang, H. Guo, H. Bubb, and K. Ikeuchi. (2011). “A safety-based approaching behavioural model with various driving characteristics,” *Transportation Research C*, vol. 19, no. 6, pp. 1202–1214.

5. F. Solaas and O. M. Faltinsen. (1997). “Combined numerical and analytical solution for sloshing in two-dimensional tanks of general shape,” *Journal of Ship Research*, vol. 41, no. 2, pp. 118–129.
6. K. Modaressi-Tehrani, S. Rakheja, and I. Stiharu. (2007). “Three-dimensional analysis of transient slosh within a partly-filled tank equipped with baffles,” *Vehicle System Dynamics*, vol. 45, no. 6, pp. 525–548,.
7. F. T. Dodge. (1966). “Analytical representation of lateral sloshing by equivalent mechanical models,” in *The Dynamic Behavior of Liquids in Moving Containers*, H. N. Abramson and S. Silverman, Eds., chapter 6, National Aeronautics and Space Administrator, Washington, DC, USA.
8. H. N. Abramson, W. H. Chu, and D. D. Kana. (1966). “Some studies of nonlinear lateral sloshing in rigid containers,” *Journal of Applied Mechanics*, vol. 33, pp. 777–784,.
9. M. I. Salem. (2000). *Rollover Stability of Partially Filled Heavy-Duty Elliptical Tankers Using Trammel Pendulums to Simulate Fluid Sloshing [Ph.D. thesis]*, West Virginia University, Department of Mechanical and Aerospace Engineering.
10. X.-L. Zheng, X.-S. Li, and Y.-Y. Ren. (2012). “Equivalent mechanical model for lateral liquid sloshing in partially filled tank vehicles,” *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2012, Article ID 162825, 22 pages.
11. L. Dai, L. Xu, and B. Setiawan. (2005). “A new non-linear approach to analysing the dynamic behaviour of tank vehicles subjected to liquid sloshing,” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers K*, vol. 219, no. 1, pp. 75–86.
12. Kolaei A., Rakheja S., Richard M. J. (2014). Range of applicability of the linear fluid slosh theory for predicting transient lateral slosh and roll stability of tank vehicles. Journal of Sound and Vibration, Vol. 333, Issue 1, pp. 263-282.
13. R. Zinko, I. Lozovyi, O. Dzelendziak, S. Burnitskyi (2010). Study of the dynamics of the movement of a concrete mixer taking into account the characteristics of the engine / Bulletin of the Ternopil State Technical University. No. 2., pp. 159 – 163.
14. Pavlovsky M.A. Theoretical mechanics: Textbook. - K.: Technika, 2002. - 512 p.
15. Landau L.D., Lifshits E.M. Theoretical physics: Textbook. allowance. – In 10 volumes. T. I. Mechanics. – M.: Nauka, 1988. – 216 p.
17. R. V. Zinko (2014). Study of the operation of coupling devices of articulated vehicles using graphs / R. V. Zinko, I. S. Lozovyi, O. M. Badeinov // Bulletin of the National Technical University "KhPI". Collection of scientific works. Series: Automobile and tractor construction. - Kh.: NTU "KhPI". –. – No. 10 (1053). pp.121-128.
18. Examples of Mathcad application in various fields: http://www.mathcad.com/resources/mathcad_files/
19. Stoker J. Waves on the water [Text]. Mathematical theory and applications / J. Stoker. – M.: Publishing house. foreign literature, 1959. – 617 p.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR FINDING OPTIMAL PARAMETERS FOR NONLINEAR MODELS

Zolotenko E., Mykhailovskyi Y., Zolotenko I.
Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract. A method for finding optimal parameters for nonlinear mathematical models with a large number of input parameters has been developed, which allows finding the global optimum with sufficient accuracy and speed.
This technique allows you to find the global optimum for a mathematical model with a large number of parameters and can be used for both linear and nonlinear problems. Another advantage of the proposed technique is that the use of the half-step technique with another search method (in this case, the steep ascension method) leads to an increase in the speed and accuracy of the calculation, and this technique can also be used with various search methods, for example, the method of simplexes, Gauss-Seidel, random search, gradient and others.
Keywords: the shredding device, of textile wastes, a method of finding optimal parameters.

Introduction

The problem of processing and disposal of production waste has become more and more acute in recent years. With the development of production, the amount of waste that is not suitable for further use increases. In particular, sewing enterprises leave waste textiles, fur, natural and artificial leather, etc. Various shredding devices are used to process this waste. In order to obtain the desired degree of grinding of industrial waste, you need to be able to determine the optimal design parameters of the shredding device.

The search for the optimum is one of the main tasks of the constructor. To find the optimum, you need to have a mathematical model and the means to analyze the mathematical model.

The solution of such problems is carried out in two stages. The essence of the first stage is to find the region of the extremum, and the essence of the second stage is to find the extreme point. These two stages are the main components of search methods, which are very often used in solving optimization problems [1].

There are a lot of search methods. If we consider their modifications, then you can type several dozen search methods. The main search methods include the following methods: simplexes, Gauss-Seidel, random search, gradient, fastest descent, steep ascent method, and others.

It is the solution of the question of finding the optimum that arises in the optimization of scientific, technical and production processes that are carried out to improve the properties of products, the study of the ultimate capabilities of devices, devices, etc. For example, the determination of the optimal parameters of the hammer chipper design consists in assessing the areas of variation and, accordingly, finding the optimum.

In general, the optimization of processes in production conditions has a number of features that are due to a number of reasons. For example, if production is in operation, then some tasks have to be solved without interrupting the production process. Also, it is not possible to vary factors in wide intervals, because in order to avoid defects in production, restrictions are imposed on the areas of variation of factors. In production conditions, uncontrollable variables play a significant role. Their change can lead to a shift in the optimum relative to the controlled ones.

Of course, the search for optimal solutions in the field of optimum is most effective only when the mathematical model of the object of study is taken into account. Although, there are cases when the optimum is found even in the absence of a mathematical model of the object.

This is possible only if the relations that characterize the function of the goal are given in analytic form and are not very complex, for example, in the form of linear equations. But in practice, unfortunately, there are more complex tasks. It is then that the methods of finding the optimum are successfully used [1, 2].

Let's consider the main methods that are used in the search for optimal solutions in the process of conducting research both at the stage of moving to the optimum region and at the stage of studying the optimum region.

In optimization by the Gauss-Seidel method, the optimum of the process under study is sought by alternately varying each input variable (factor) until its own optimum is reached. First, the optimum is reached in the direction of one of the coordinate axes according to the fixed values of the factors in the other coordinate axes. Then, having fixed the found value of the factor, they proceed to the variation of another factor. Where the partial value of the optimum is reached again, and so on.

The experience of practical use of this search method shows that it is effective only in those situations when the effects of the interaction of factors are insignificant, that is, when the lines of constant level have the form of ellipses or circles with axes parallel to the axes of coordinates.

This is the simplest optimization method widely used in research practice. Most often, however, they are limited to a single variation along each of the coordinate axes, which is associated with the main drawback of the method – the duration of advancement to the optimum region. Therefore, this algorithm rarely leads to the region of optimum.

The main idea of the random search method is to randomly choose the direction of movement at each subsequent step. There are many types of random search method, but all of them are united by the use of a random vector. Random numbers are used to form a random vector. This method is widely used in process optimization, but gives good results with a large number of factors, and is also useful in combination with other methods.

As for the simplex method, the main feature of this method is the combination of the process of studying the object under study and the process of searching for the optimum. All this can be achieved by designing an experiment in the form of a simplex. A figure that has been formed by a set of points, called simplex vertices, that do not belong to any subspace at the same time, is defined by an n-dimensional simplex. Geometrically, a simplex is the simplest convex polyhedron of a given number of dimensions n (tetrahedron, triangle).

In a simplex, it is possible to discard one vertex and build a new simplex using a new vertex constructed symmetrically discarded. By such a sequential discarding of vertices, it is possible to move the simplex in factor space. Thus, if you consistently discard the vertex with the worst value of the input variables, the center of the simplex will move to the optimum.

This search method is widely used in process optimization both at the stage of scientific research and in industrial research. Its main advantage is that this method allows you to reduce the number of experiments with high efficiency in finding the optimum. The method is used to search for the optimum on real objects and on a mathematical model.

Next, let's consider the gradient method of finding the optimum. This method is used when taking into account approximate mathematical dependencies and analyzing their derivatives. With the help of the gradient method, the optimum of the studied object is searched in the direction of the fastest increase or, conversely, decrease of the original variable, that is, in the direction of the gradient. Movement according to this method consists of several steps, that is, from the starting position to the state that corresponds to the optimal solution. There are many gradient methods, this is explained by the desire to find the optimum in the least number of steps when moving towards the optimum in various specific situations. The effectiveness of these methods depends on the nature of the response surface being studied, on the magnitude of the errors of the experiment, on the selected motion step, and on other factors.

Particular difficulties arise when choosing a step, because this procedure is arbitrary. Although in some gradient methods, the size of the step changes in the process of moving towards the optimum, as this helps to increase the efficiency of the search. When choosing the size of the step at the initial stage of work, sometimes a step is taken first, which can be as much as 6 times larger than the measurement error. Then, after carrying out calculations taking into account a given step, the value of the step is halved and the calculation is repeated. After comparing the result with the previous one, conclusions are drawn: if the difference is not significant, then the initial step is left, and if it is significant, then the step continues to be reduced.

This method, together with its modifications, is a very common and effective method of finding the optimum of the objects under study.

The Box-Wilson method is also called the steep ascent method. This method combines the advantages of three methods such as the gradient method, the Gauss-Seidel method, and the full-factor experiment method as a means of obtaining a linear mathematical model. The essence of this method is to carry out a stepping movement in the direction of the fastest increase or decrease of the initial variables. In the steep ascension method, the direction is corrected not after each subsequent step, as in the gradient method, but when a partial extremum of the objective function is reached at some point in a given direction, that is, in the same way as it is done in the Gauss-Seidel method. Next, at the point of partial extremum, a new factorial experiment is conducted. The next step is to determine the mathematical model and again a steep ascent is made. In this method, in the process of moving towards the optimum, a statistical analysis of intermediate search results is regularly carried out. The search stops only when the quadratic effects in the regression equation become significant. This means that the optimum region has been reached.

There are also random search methods, which are based on stepping into the optimum region. In this method, the direction of movement with each movement is chosen as random from all possible movements. Movement in factor space is carried out from one arbitrary point to another. Usually, the coordinates of random points are found using known sets of random numbers that are uniformly distributed in a defined interval.

The advantage of random search methods is that they do not require knowledge of the shape of the response surface when choosing the direction of travel. These search methods can be successfully used in solving multi-extreme problems and are effective in case of significant errors in experiments.

The relaxation method is based on moving towards the optimum in the direction of the coordinate axes along which the target function decreases or increases most significantly. In this case, relaxation takes into account the gradual transition from taking into account the influence of the strongest factors, to taking into account the influence of factors that are slightly reflected in the value of the optimization criterion.

Also, the choice of step is important here. If a very small step value is chosen, then the change in factors significantly increases the number of steps required to achieve the optimum. By choosing a large step value, you can circle around the optimum for a long time.

In practice, the use of the relaxation method has some disadvantages. For example, the effectiveness of this search method depends significantly on the orientation of the coordinate system in space. Also, difficulties arise if the search is carried out under restrictions on changing factors such as inequality. In such cases, it is recommended to use other methods of finding the optimum [2, 3, 4].

The purpose of our study is to develop a method for finding optimal parameters for mathematical models that are nonlinear, can contain local and global optimums, and have a large number of input parameters. This technique is being developed to investigate nonlinear models of shredders.

In this case, we were given a more specific task. A mathematical model (MM) was developed, which is nonlinear and has a large number of input parameters (X1 ... Xn) [4]. First, we defined a mathematical model, and only then began to determine the methods that allow us to quickly and accurately find a solution to the problem, that is, to determine the optima. After reviewing the existing search methods, we settled on the steep ascent method, adding the half-step method to it. This combination will help to achieve the desired result faster, that is, to find the optimum.

So, first of all, the input parameters (X1 ... Xn). The variables to be defined are selected. Recorded intervals of variation or limits (H), relationships between variables. The degree of sampling (S) is also determined. Taking all this into account, a block diagram of the algorithm was developed to solve a mathematical problem using numerical analysis (Fig. 1).

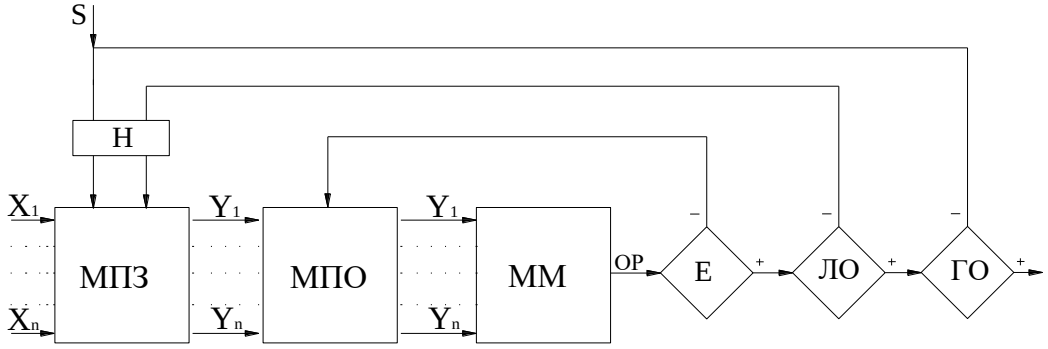


Fig. 1 Block diagram of an algorithm for solving a mathematical problem

Having defined the input parameters (the number of calculations changes accordingly from the number of input parameters) and setting the limits of fluctuations in the values of the input parameters, we propose to introduce a matrix of initial values (MTL). The essence of the application of this block can be explained using the example of graphical interpretation for two input parameters (Fig. 2).

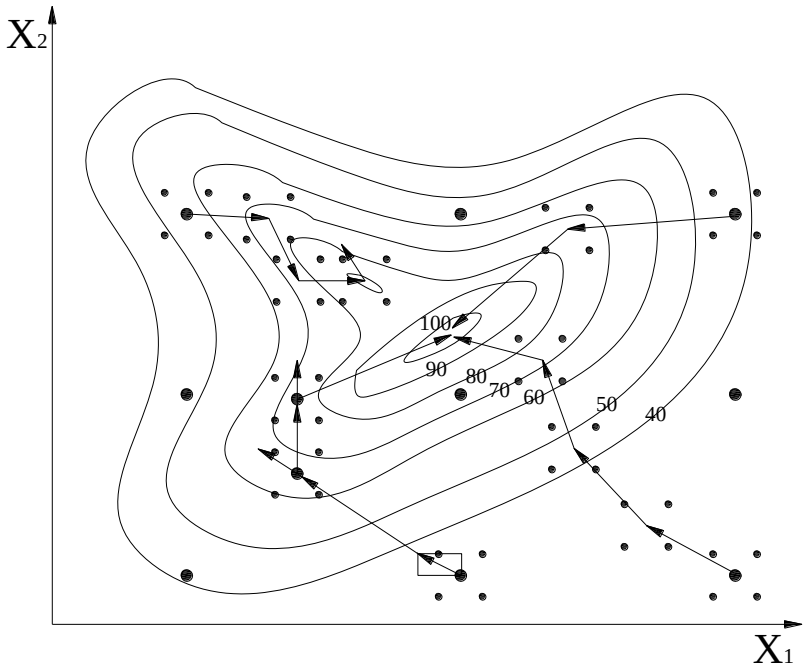


Fig. 2 Graphical interpretation

The input parameters X1 and X2 are graphically shown as axes. Also, the figure shows the contour curves that characterize the region of the optimum. The matrix of initial values is divided into several "points" with a given degree of sampling. The degree of breakdown of the matrix depends on how much accuracy we want to get and, of course, on the power of the computer. After all, if the matrix of initial values is broken down by setting the minimum degree of sampling, then we get the maximum number of values, the calculation of which will significantly reduce the speed of solving the problem. Further, taking into account the chosen search method, from each point of the matrix we begin to move towards the optimum. In the figure, for example, the motion of vectors is shown only from a few points. After computing the motion of the vectors, for each point we find a certain value, which is called the local optimum. That is, it is clear that with different combinations of arguments, the values of the functions will also be different, although not always. Further, among them, the most optimal, or, so to speak, the most profitable value from the point of view of the researcher is determined. This will be the global optimum.

Some techniques allow you to take into account a large number of factors, while others do not. Having compiled a matrix of initial values, we choose the technique that, in our opinion, is the most optimal option and allows us to work with a large number of factors. After all, if we take some other search method, we can find a solution that is not quite accurate, that is, we can get into the local optimum. To avoid this, we offer this solution to this issue. So, we choose the method of steep ascent.

The peculiarity of the steep ascension method is that in this case the movement along the gradient precedes the local description of the response surface using a full or fractional factorial experiment. A gradient is a vector that shows the direction of operational changes of a certain quantity, the value of which varies from one point in space to another. Therefore, the shortest path to the optimum can be determined if we move along the gradient. As for a complete factorial experiment, it is called an experiment in which all independent variables vary at all selected levels. Since with a large number of factors, the implementation of a complete factorial experiment is practically impossible, then a fractional factor experiment is used, which represents fractional replicas of a complete factorial experiment [6].

The gradient method consists of several stages. At the first stage, on the basis of complete and fractional factor experiments, we obtain an approximate description of some part of the response function. This simplest model is far from extreme. As a result of this stage, we get a model, the coefficients of which are proportional to the projections of the vector and allow us to estimate the direction of the gradient. The next stage is a gradual step-by-step movement to the optimum region in the direction of the gradient vector.

Thus, this method combines one of the most rational methods of finding the optimum with one of the best methods of obtaining maximum information at the minimum cost of the experiment. After all, the steep ascent method took the best properties from both the Gauss-Seidel method and the gradient method.

To appreciate all the advantages of this method, let's take a closer look at these properties. In the steep ascension method, as well as in the gradient method, there is a movement in the direction of the gradient to the region of the optimum. The direction of the gradient is found based on trial experiments around the base point. In the gradient method, two trial experiments are carried out on both sides of the base point. These experiments are obtained by variing, in turn, each of the input parameters, while all other factors must be unchanged. That is, each component of the vector, with the gradient method, is calculated only by two points. Trial experiments of the steep ascent method are carried out on the basis of the matrix of the plan of complete or fractional factorial experiments. In a factorial experiment, all points are involved in the evaluation of each coefficient of the model. That is why the estimation with the steep ascent method is more accurate than with the gradient method. Accordingly, the direction

of the vector in the proposed method is more reliable. Based on this, it is possible to take several, rather than one, tentative steps to achieve a particular extremum. However, according to the Gauss-Seidel method, the optimum is achieved in the direction of one of the coordinate axes, while fixing the values of the factors along the other coordinate axes. The found value of a factor is fixed and another factor is varied, and so on. Moving along one of the coordinate axes slows down the movement to the optimum region. So, compared to the Gauss-Seidel method, the steep ascension method has some advantage.

And in order to increase the accuracy of determining the global optimum, we introduce the half-step technique, with the help of which we can increase the calculation speed hundreds of thousands of times, as well as increase the accuracy. That is, we define a certain step of movement, move quickly to a certain area, and then, using the half-step method, changing the size of a given step, we approach and, accordingly, find the global optimum. From this, it can be seen that the choice of the step of movement can significantly reduce the number of calculations.

Input parameters (X1 ... Xn), after "processing" in the matrix (MTL), acquire new values, which will be conventionally called the input parameters of the mathematical model (Y1 ... Yn). They are used in the blocks of the optimum search method (MPE) and mathematical model (MM). The result of these calculations will be the direction of motion of the vectors. Such calculations are carried out for each parameter of the initial value matrix (MTL). Of course, in the calculations, one parameter is variable, and we do not change all other values of the input parameters.

So, after making calculations, we get a certain value of the optimum, which we compare with the result obtained (OR). As shown in the diagram, then there is a condition (E), that is, a certain accuracy is given, with the help of which, comparing this value with the previous one, we draw conclusions. If the result does not meet the specified condition (no – "-"), we return to the method of searching for the optimum and, changing the step of movement, again find some value. If, on the other hand, the result meets the condition (yes – "+"), i.e. this value is equal to the previous one, within the specified accuracy, we get the optimum (LO) for this step of the calculation.

Given that there are several values in the matrix, we move (no – "-") to the next parameter of the matrix of initial values and perform the calculation again, using a different value of the matrix. And so we return to the matrix of initial values, until all the components of the matrix have been computed. Then, according to the optimization criteria, the best option is selected (yes – "+"), which is the global optimum (GO).

The main task at this stage is to find the exact value of the global optimum. To do this, we need to check for the "correctness of obtaining" the global optimum. So, we recalculate the matrix of initial values by changing the initial degree of sampling, that is, the step of movement. We compare the result with the previous one. If the difference between them is within the margin of error, i.e. when the constraint on factors makes further movement impossible, then we stop there, because this is the desired global optimum (yes – "+"). If, however, the obtained value differs from the previous value, then applying the half-step technique (i.e., changing the step of movement), we perform the calculation again (no – "-").

The proposed scheme should provide a certain accuracy of finding the optimum, both local (LO) and global (HO), as well as reduce the number of calculations, that is, increase the speed of calculations.

This technique allows you to find the global optimum for a mathematical model with a large number of parameters and can be used for both linear and nonlinear problems. Another advantage of the proposed technique is that the use of the half-step technique with another search method (in this case, the steep ascension method) leads to an increase in the speed and

accuracy of the calculation, and this technique can also be used with various search methods, for example, the method of simplexes, Gauss-Seidel, random search, gradient and others.

Bibliography.

1. Skyba M.E., Sinyuk O.M., Mykhaylovskyi Yu. B., Maidan P. S., Zolotenko E. O. (2020). Scientific and technical methods of designing industrial equipment: methodological guidelines for graduate students of the specialty "Industrial Mechanical Engineering". KHNU.
2. Mykhailovskyi, Y. B., Romanets, T. P. (2003). Automation of equipment design: Methodical instructions for laboratory work for students of specialties "Light Industry Equipment". Technological University of Podillia.
3. Nechaev V., Beridze T., Kononenko V. (2005). Experiment planning theory. Condor.
4. Skyba, M. Y., Mykhailovskyi, Y. B., Filipchenko, E. O. (2003). Determination of the main parameters of the construction of a hammer shredder of textile and fiber waste. Technological University of Podillia.

ВПРОВАДЖЕННЯ ДОСВІДУ РЕФОРМУВАННЯ ПЕНСІЙНОЇ СИСТЕМИ В УКРАЇНІ

Череп А.В., Проскура О.Д.
[1] Запорізький національний університет,м. Запоріжжя, Україна

Анотація. Розглянуто питання пенсійного забезпечення в контексті дослідження пенсійних систем України, Нідерландів, Данії та Швеції. Проведено порівняльний аналіз рівнів пенсійного забезпечення та виявлено ключові відмінності між країнами. Показано, що високий рівень пенсійного забезпечення у Нідерландах та Данії є результатом ефективної пенсійної системи, яка базується на обов'язкових - державних та додаткових - недержавних пенсійних фондах. Головними їх перевагами є вдала політика наповнення пенсійного фонду, можливість вкладень у широкий спектр недержавних програм пенсійного забезпечення та допомога громадянам відповідно до сімейного стану. Зазначено відмінності між пенсійними системами України, Нідерландів, Данії та Швеції окремо за кожним їх рівнем. У контексті України висвітлено проблеми низького рівня пенсійного забезпечення, причиною якого є нестабільність на ринку праці, недовіра громадян України до недержавних пенсійних фондів та низький рівень кількості працюючого населення. Розглянуто альтернативні варіанти пенсійного забезпечення та необхідність впровадження закордонного досвіду для його поліпшення.
Зазначено, що основними перешкодами для впровадження іноземного досвіду в Україні є низький дохід населення, переважаюча кількість непрацездатного населення та недовіра до недержавних пенсійних фондів, що діють в країні. Проте, автори вважають, що реформування пенсійної системи України є необхідним кроком, особливо після закінчення війни, коли буде можливість зосередитися на питаннях покращення умов соціального забезпечення. Підкреслено, що для досягнення успіху у реформуванні пенсійної системи необхідно забезпечити українців робочими місцями та зростанням заробітної плати. Такий підхід, на думку авторів, сприятиме покращенню рівня життя пенсіонерів та забезпечить стабільну систему соціального забезпечення в Україні.
Метою дослідження є аналіз іноземних пенсійних систем, виділення позитивних аспектів та пошук шляхів впровадження їх в Україні. Основним завданням роботи є дослідження пенсійних систем України, Нідерландів, Данії та Швеції, їх порівняння та, відповідно до мети, знаходження рішення впровадження позитивних аспектів інших країн в Україні. Об’єктом дослідження є пенсійні системи України, Нідерландів, Данії, Швеції та їх рівні.
Ключові слова: Пенсія, пенсійна система, пенсійний фонд, солідарний рівень пенсійного забезпечення, накопичувальний рівень пенсійного забезпечення, недержавне пенсійне забезпечення.

Одним із найважливіших індикаторів національної безпеки, економічної стабільності, фінансової стійкості та відповідальності країни перед своїми громадянами є пенсійне забезпечення. Надійність та доступність пенсійних виплат підвищує рівень соціального захисту і добробут перед усіма верствами населення. Пенсійна система, що дозволяє кожному громадянину гідно жити на пенсію, є одним зі шляхів до економічного зростання країни. Також важливо зазначити, що пенсійне забезпечення є беззаперечним показником інвестиційної діяльності населення, бо кожен щасливий пенсіонер є інвестором, який успішно інвестував гроші у своє майбутнє.

Метою дослідження є аналіз іноземних пенсійних систем, виділення позитивних аспектів та пошук шляхів впровадження їх в Україні.

Основним завданням роботи є дослідження пенсійних систем України, Нідерландів, Данії та Швеції, їх порівняння та, відповідно до мети, знаходження рішення впровадження позитивних аспектів інших країн в Україні. Об’єктом дослідження виступає пенсійні системи України, Нідерландів, Данії, Швеції та їх рівні.

Пенсійна система – сукупність економічних інститутів, правил і норм, функцією яких є матеріальне забезпечення громадян після виходу на пенсію.

Пенсія – щомісячна грошова виплата громадянам, яка призначається після припинення трудової діяльності та формується із внесків до пенсійних фондів, державних бюджетних коштів та внесків у додаткові пенсійні програми.

Пенсійний фонд – це орган, який здійснює збір та управління коштами, що призначені для виплати громадянам, які досягли певного пенсійного віку та закінчили трудову діяльність.

Пенсійні системи складаються з трьох рівнів: солідарний, накопичувальний та недержавне пенсійне забезпечення.

Солідарний рівень пенсійного забезпечення – система фінансування пенсій внесками працюючого покоління у рахунок пенсійного фонду.

Накопичувальний рівень пенсійного забезпечення – система фінансування пенсії шляхом додаткових регулярних внесків у пенсійний фонд або персональний пенсійний рахунок, завдяки яким сума пенсійних виплат особі-вкладнику після закінчення трудової діяльності буде вищою.

Недержавне пенсійне забезпечення – система фінансування пенсії шляхом грошових вкладень у недержавні пенсійні фонди, завдяки яким сума пенсійних виплат особі-вкладнику після закінчення трудової діяльності буде вищою.

Україна. Пенсійна система України складається з трьох рівнів: солідарний, накопичувальний та недержавне пенсійне забезпечення.

Солідарний рівень пенсійної системи використовує принцип солідарності поколінь. Він передбачає, що громадяни похилого віку отримують пенсії за внески працюючого покоління. Ці внески складаються з таких податків, як ЄСВ, та пенсійні збори. Тобто за рахунок податкових внесків працюючого населення формується пенсійний фонд для людей, які вже є пенсіонерами. [2]

Другий, накопичувальний рівень пенсійного забезпечення формується в індивідуальних пенсійних рахунках працівників. Певний відсоток від заробітної плати перераховується роботодавцем на пенсійний рахунок працівника. [3]

Третій рівень – недержавне пенсійне забезпечення. Даний вид пенсійного забезпечення є необов'язковім, але кожен працівник чи роботодавець може робити свої внески у недержавні пенсійні фонди та страхові організації, певний відсоток яких буде нараховуватися на індивідуальні пенсійні рахунки. [4]

Станом на зараз накопичувальний рівень пенсійного забезпечення в Україні працює не в повній мірі, а недержавне пенсійне забезпечення не є розповсюдженим. Більшість людей не вкладаються у недержані пенсійні фонди, а отримують пенсію з державного забезпечення (солідарного рівня пенсійного забезпечення), що робить пенсійну систему України недостатньо розвинутою.

Аби виділити позитивні аспекти іноземного досвіду з пенсійного забезпечення, необхідно детальніше розглянути особливості пенсійних систем лідируючих країн у цій сфері. На даний момент такими країнами є Нідерланди, Данія та Швеція.

НІДЕРЛАНДИ. Кожен громадянин Нідерландів, що проживає у країні та сплачує податки, має право на державну пенсію, яку адмініструє Банк соціального страхування. Працівник стає пенсіонером у віці 67 років. Таким чином перший рівень його пенсії формується за 50 років (з 17 до 67 років). Пенсія від Банку соціального страхування формується відносно мінімальної заробітної плати в країні і становить 50% мінімальної заробітної плати для кожного партнера, що є у шлюбі або 70% мінімальної заробітної плати для одинаків.

Індексація пенсій відбувається 2 рази на рік (1січня та 1 липня). Таким чином скористувавшись пенсійним калькулятором, можна дізнатися суму пенсії від Банку

соціального страхування для кожного громадянина. Станом на 1 січня 2024 року загальна сума пенсії для одинаків склала 1541,53 євро на місяць. Для одружених людей сума пенсії склала 1047,60 євро на місяць.

Другий рівень пенсії в Нідерландах формується з внесків працівників та/або роботодавців до корпоративних пенсійних фондів або страхових компаній. За статистикою близько 90% працівників та роботодавців роблять дані внески. Щороку вкладникам надходить лист з інформацією про накопичену на даний момент часу пенсію.

Третій рівень пенсійного забезпечення Нідерландів формується шляхом щомісячних внесків роботодавця у персональні фонди працівників. Це створено для страхування працівників у випадку банкрутства корпорації, в якій вони працюють. [5]

ДАНІЯ. За даними ООН, в рейтингу найкращих пенсійних систем світу протягом останніх років лідируюче місце займає Данія. Такий результат був досягнутий завдяки досконалості пенсійної системи, яка створює ідеальні умови для життя людей похилого віку. [6]

Працівники стають пенсіонерами у віці 69 років. Такий пізній вихід на пенсію пов'язаний зі збільшенням середньої тривалості життя в останні роки. Задля отримання державної пенсії необхідно 40 років прожити на території країни. Таким чином базова державна пенсія складає 6700 датських крон на місяць, що становить близько 1000 доларів США. Але з боку держави також діють надбавки до пенсії, що складають 5650 датських крон (близько 850 доларів США). Є й надбавка до пенсії за сімейним статусом. Пенсіонери одинаки отримують щомісячно 7750 датських крон (близько 1160 доларів США). [7]

Другим рівнем пенсійного забезпечення в Данії формується у персональному фонді працівника. Внески до даного фонду є обов’язковими як для працівника, так і для роботодавця. Податок працює за пропорцією 1/3, а саме працівник сплачує третину, а роботодавець 2 третини. Це є другим рівнем пенсійного забезпечення.

ШВЕЦІЯ. Кожен громадянин Швеції, що прожив на території країни 40 років та досяг 65-річного віку, гарантовано отримує мінімальну державну пенсію. [8] Мінімальний розмір пенсії у країні становить 17655 шведських крон на місяць, що складає близько 1760 доларів США для пенсіонерів-одинаків та 15988 шведських крон (1590 доларів США) для одружених пар. Дана пенсія не є першим рівнем пенсійного забезпечення, вона є страхуванням громадян державою у випадку дуже малої умовно-накопичувальної пенсії або ж повної її відсутності. [9]

Перший рівень пенсійного забезпечення Швеції формується з умовно-накопичувальної пенсії. Це внески працівника, що складають 16% від заробітної плати. Раз на рік відбувається індексація умовних накопичень, з урахуванням очікуваної тривалості життя, демографічної ситуації та рівня заробітної плати.

Другий рівень пенсійного забезпечення формується в індивідуальних пенсійних рахунках працівника. Внески складають 2,5% від заробітної плати. Працівник може обрати одразу декілька пенсійних фондів. Так накопичення будуть більшими. Дані внески є обов’язковими. [10]

Третій рівень пенсійного забезпечення – це добровільні внески на індивідуальний пенсійний рахунок працівника. Даний вид внесків регулюється трудовим договором між працівником та роботодавцем.

Відмінності. Досліджуючи тему іноземного досвіду пенсійного забезпечення, треба зазначити про відмінності між Україною та іншими Європейськими країнами, взятими для прикладу.

Починаючи з першого рівня пенсійного забезпечення, варто відмітити перші відмінності. Українською пенсійною системою, на відміну від Данії та Швеції, не передбачено гарантій отримання пенсійних виплат при відсутності робочого стажу. В

цих двох країнах держава контролює, аби жоден громадянин не залишився без копійки в кишені. Таким чином солідарна система працює не тільки на безпосередніх її учасників, а і на інших громадян, тоді як в Україні коштів з пенсійного фонду вистачає лише на працівників, що вийшли на пенсію. Індексація в свою чергу відбувається не пропорційно зростанню темпів інфляції, що свідчить про низький рівень кількості працюючого населення та відсутність джерел поповнення пенсійного фонду відповідно.

Важливим доповненням є й те, що в Україні немає збалансування пенсійних виплат через сімейний стан. На даний момент пенсіонер-одинак в Україні чисто фізично не здатен прожити на свою пенсію, аби хоча б покривати свої борги за комунальні послуги. Тому найчастіше в сім'ях країни розподіляються обов'язки по оплаті між декількома її членами (наприклад, хтось оплачує комунальні послуги, хтось заробляє на харчування). Це без розрахунку на ліки, одяг та інші побутові речі.

Натомість іншу картину нам демонструють Нідерланди та Данія. В даних країнах доплати пенсіонерам-одинакам становлять понад 50% та 60% від пенсії громадян у шлюбі відповідно.

Другий рівень пенсійного забезпечення також має свої відмінності, але вже між усіма розглянутими країнами. В Україні другий рівень пенсійного забезпечення представлений як третій рівень в Нідерландах та другий у Данії. В даному випадку їх сутність схожа: працівник і роботодавець роблять внески на особистий пенсійний рахунок працівника. Дані внески є обов'язковими для обох сторін.

У випадку Швеції громадянин також зобов'язаний робити внески до персонального фонду, але також він має право обрати їх одразу декілька. Таким чином громадянин може інвестувати свою заробітну плату у пенсію в будь-якому обсязі.

Недержавне пенсійне забезпечення як в Україні, так і в Данії не є популярним серед громадян. Але в Данії це пов'язано з високим рівнем пенсій, який в більш ніж в десять разів перевищує Український. В випадку Нідерландів та Швеції навпаки популярність недержавних страхових та пенсійних фондів зростає з кожним роком, що свідчить також про доволі високий рівень заробітної плати, аби інвестувати у старість.

Висновки

Закордонні пенсійні системи влаштовані таким чином, аби люди похилого віку не відчували нестачі коштів після виходу на пенсію. Станом на зараз звичайний пенсіонер з Нідерландів, Данії або Швеції отримує в рази більшу пенсію, ніж середня заробітна плата в Україні. Зарубіжні пенсійні системи роблять для своїх громадян пенсійний вік відпочинком та порою для можливостей. Це пов'язано з економічною стабільністю в країнах та високим рівнем життя.

Досліджуючи рівень життя в Україні, варто зазначити про нестабільний стан у країні. Воєнні дії та багато інших чинників не дають впровадити зарубіжний досвід в Україні. Аби наглядно вказати на них, варто порівняти середню заробітну плату в Україні та середні пенсії в розглянутих країнах. Отже середня заробітна плата в Україні становить близько 17000 грн. Середня пенсія в Нідерландах, Данії та Швеції становить 1070, 1800 та 1590 доларів США відповідно. З цього можна зробити висновки, що середня заробітна плата в Україні, як мінімум, у 2,5 рази менша за середню пенсію в цих країнах. Це перша проблема на шляху до застосування зарубіжного досвіду пенсійних систем. [11]

Друга проблема – це нестача працездатного населення в Україні. Як відомо, в країні понад 60% населення становлять люди похилого віку, через що пенсійній системі не вистачає внесків працюючого населення, аби забезпечити всіх пенсією на оптимальному рівні. За таких обставин жорстка податкова політика негативно приймитиметься громадянами, що стане перешкодою до введення даних методів.

Третьою проблемою є низька популярність недержавного пенсійного забезпечення серед громадян з двох причин. Першою є недовіра людей до страхових компаній та інших недержавних фондів, які діють і в інших країнах. Певний відбиток наклався на них через війну в Україні. Через неї велика кількість страхових компаній припинили свою діяльність. Другою причиною є відносно невеликий рівень заробітної плати. В громадян або немає змоги відкладати гроші на старість, або ж просто не мають бажання через втрату відсотків від зарплатні. [12]

Отже, аби впровадити зарубіжний досвід пенсійних систем, Україні потрібно повністю перебудувати систему: забезпечити українців робочими місцями та високим рівнем заробітної плати. Вирішення цих проблем є неможливим через воєнні дії на території держави. По-перше багато робочих місць було знищено і зараз не раціонально або неможливо їх лагодити взагалі. По-друге велика частина населення України або перебуває за кордоном, або приймають участь у бойових діях. Через це можна зробити висновок, що найкраще для України, реформувати українську пенсійну систему, враховуючи зарубіжний досвід, буде одразу після закінчення війни. [13]

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сіньова Л. М. Пенсійне забезпечення як різновид соціальної функції держави. *Головна*. URL: https://www.publichne-pravo.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=300:sinova-l-m-pensiine-zabezpechennia-iak-riznovyd-sotsialnoi-funktsii-derzhavy&catid=109&Itemid=483&lang=uk (дата звернення: 10.03.2024).
2. Пенсійна система України. *Корпоративний недержавний пенсійній фондНаціонального банку України*. URL: https://knpf.bank.gov.ua/uchasnykam/baza_znan/pensiina_systema_ukrainy.html (дата звернення: 10.03.2024).
3. Казанчан А.А. ПОНЯТТЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПЕНСІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УКРАЇНІ | Київський часопис права. *Київський часопис права*. URL: http://kyivchasprava.kneu.in.ua/index.php/kyivchasprava/article/view/374 (дата звернення: 10.03.2024).
4. Мартиненко Н. В. ДЕРЖАВНЕ ПЕНСІЙНЕ СТРАХУВАННЯ В УКРАЇНІ: ВИКЛИКИ СУЧАСНОСТІ ТА НАПРЯМИ РЕФОРМУВАННЯ | СИДОР | Світ фінансів. *Світ фінансів*. URL: http://sf.wunu.edu.ua/index.php/sf/article/view/1492 (дата звернення: 10.03.2024).
5. Пенсійне забезпечення в Нідерландах для приватних підприємців. *Nalog.nl B. V.* URL: https://www.nalog.nl/uk/baza-znanij/predprinimatelyam/pensionnoe-obespechenie-v-niderlandax-dlya-chastnyx-predprinimatelej/ (дата звернення: 10.03.2024).
6. Старість як відпочинок: пенсійна система Данії - ІНВЕСТОР-ЮА. *ІНВЕСТОР-ЮА*. URL: https://investor-ua.com/currency/starist-jak-vidpochinok-pensijna-sistema-danii.html (дата звернення: 10.03.2024).
7. Folkepension. *Beskæftigelsesministeriet*. URL: https://bm.dk/satser/satser-for-2023/folkepension/ (date of access: 10.03.2024).
8. Garantipension - om du har låg pension | Pensionsmyndigheten. *Startsida | Pensionsmyndigheten*. URL: https://www.pensionsmyndigheten.se/forsta-din-pension/sa-fungerar-pensionen/garantipension-om-du-har-lag-pension (date of access: 10.03.2024).

9. *Українська Асоціація Інвестиційного Бізнесу*. URL: https://www.uaib.com.ua/files/articles/203/49/Sweden.pdf (дата звернення: 10.03.2024).
10. Пенсії та інша фінансова допомога | Informationsverige.se. *Informationsverige.se*. URL: https://www.informationsverige.se/uk/om-sverige/att-aldras-i-sverige/pension-och-annat-ekonomiskt-stod.html (дата звернення: 10.03.2024).
11. Шалієвська Л. І. Lviv State University of Internal Affairs Institutional Repository (LvSUIAIR): Пенсійне забезпечення в системі економічної безпеки держави: монографія. *Lviv State University of Internal Affairs Institutional Repository (LvSUIAIR): Головна сторінка*. URL: https://dspace.lvduvs.edu.ua/handle/1234567890/3685 (дата звернення: 10.03.2024).
12. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ НАКОПИЧУВАЛЬНОГО ПЕНСІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УКРАЇНІ | Бурденюк | ІННОВАЦІЙНА ЕКОНОМІКА. *ІННОВАЦІЙНА ЕКОНОМІКА*. URL: http://inneco.org/index.php/innecoua/article/view/639 (дата звернення: 17.04.2024).
13. Касич А. О. https://jurilga.ligazakon.net/. Особливості призначення пенсій в умовах воєнного стану | ЮРЛІГА. *ЮРЛІГА*. URL: https://jurliga.ligazakon.net/aktualno/14228_osoblivost-priznachennya-pensy-v-umovakh-vonnogo-stanu (дата звернення: 10.03.2024).

ПРОЯВ СЕКСИЗМУ У РЕКЛАМІ ЯК НЕВІД'ЄМНА ЧАСТИНА АНАЛІЗУ СУЧАСНОГО МЕДІА-ПРОСТОРУ

Череп О. Г., Дашко І.М., Русінова В.С.
[1] Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна

Анотація. Узагальнено результати досліджень впливу сексизму в рекламі на соціально-економічний простір, зокрема на формування стереотипів щодо гендерних ролей та його взаємозв'язок зі споживачами та брендами. Автори аналізують роль рекламних стратегій у визначенні соціокультурних стандартів та впливі на гендерні нерівності, надаючи докладний огляд ключових аспектів проблеми.

У сучасному світі зростає важливість культурного розмаїття і глобальної взаємодії, і необхідно переосмислення географічних стереотипів. Активна роль освіти і засобів масової інформації в подоланні цих стереотипів сприяє створенню більш об'єктивного сприйняття особистості, незалежно від місця проживання. В сучасному світі реклама, як важливий механізм впливу, не тільки інформує про продукти та послуги, але й визначає соціальні уявлення та переконання. Проте, однією з серйозних викликів у рекламній індустрії стає проблема статевої дискримінації, що систематично транслює гендерні стереотипи і сприяє утвердженню нерівностей між чоловіками та жінками. В світі реклами глибоко вкорінені гендерні стереотипи, які формують наше уявлення про ролі чоловіків і жінок у суспільстві. Сексизм в рекламі не лише визначає стандарти краси та рольові очікування, але і може призводити до негативних соціальних наслідків, таких як зміцнення гендерних нерівностей та утримання стереотипів.

Дослідження акцентує увагу на необхідності боротьби з сексизмом в рекламі через застосування гендерно-чутливих підходів та активну участь громадськості. Автори розглядають взаємозв'язок між сексистською рекламою та формуванням гендерних стереотипів, вказуючи на його можливі негативні соціальні наслідки.

Результати дослідження можуть слугувати підґрунтям для розробки рекомендацій та стратегій для забезпечення більш об'єктивного та рівноправного рекламного середовища. Стаття пропонує практичні рекомендації для рекламодавців та інших учасників галузі з метою подолання сексистських елементів та сприяння позитивним змінам у суспільстві.

Ключові слова: Сексизм, сексизм у рекламі, гендерні стереотипи, рекламні впливи, споживачі та бренди, гендерні нерівності, рекламні стратегії.

В сучасному світі реклама, як важливий механізм впливу, не тільки інформує про продукти та послуги, але й визначає соціальні уявлення та переконання. Проте, однією з серйозних викликів у рекламній індустрії стає проблема статевої дискримінації, що систематично транслює гендерні стереотипи і сприяє утвердженню нерівностей між чоловіками та жінками.

У цьому контексті, вивчення та ретельний аналіз явища статевого біасу у рекламі є важливим завданням. Від цього аналізу залежить не лише ефективність рекламної індустрії в популяризації товарів, але й формування культурного оточення та гендерних ідентичностей в суспільстві.

Рекламний вимір статевої дискримінації не лише віддзеркалює, але і активно формує уявлення про гендерні ролі та обов'язки. Частіше за все, реклама використовує стереотипи, спрощуючи складні гендерні аспекти та вкорінюючи сталі уявлення про те, як повинні поводитися чоловіки та жінки. Це виносить на загал і не тільки етичне питання, але й ставить питання про відповідальність рекламодавців у формуванні гендерної культури та рівноправ'я.

Сексистські стереотипи, які можуть бути втілені в рекламі, мають потенційно далекосяжні наслідки. Особливо шкідливий вплив може спостерігатися в сфері самосвідомості та самооцінки індивідів, особливо в молодшому поколінні. Враховуючи це, дослідження проблеми статевого біасу у рекламі має на меті не лише визначення його

присутності в сучасному суспільстві, але й акцентує увагу на необхідності внесення змін у самому рекламному просторі.

Такий глибокий аналіз допомагає розкрити вплив реклами на формування гендерних стереотипів, а також спонукає до розмірковувань про можливі шляхи змін у рекламній сфері для сприяння рівності та емансипації гендерних ролей в суспільстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В останні роки значна увага науковців була приділена вивченню проблеми сексизму у рекламі, розкриваючи його вплив на формування гендерних стереотипів та рівноправ'я в сучасному суспільстві. Дослідницький інтерес зосереджується на ретельному аналізі відповідних досліджень та публікацій, які визначають тенденції, проблеми та можливості подолання сексистських елементів у рекламному просторі.

Однією з ключових публікацій на цю тему є робота "Ґендерні аспекти реклами: сексизм як негативний чинник формування гендерних відносин в Україні" від Оксани Кісь. У цьому дослідженні автор детально розглядає прояви сексизму та його вплив на стереотипізацію ролей чоловіків та жінок у сучасній українській рекламі [1].

Крім того, праця "Проблема уникнення сексизму в рекламі: тенденції та наслідки" Вихора С.Т. та Радченка О.Я. визначає конкретні маркери дискримінаційної реклами та пропонує шляхи вирішення цієї проблеми в Україні [2].

Також цікавою є наукове дослідження Череп А.В. і Басацька А.В «Сексизм в рекламі м. Запоріжжя та Запорізької області», в якому розкрито сучасний стан проявів такого ганебного явища та внесено пропозиції щодо усунення сексизму в рекламі [3].

Спільним результатом цих досліджень є виявлення необхідності змін у рекламній сфері для підвищення свідомості про рівноправ'я та розвитку суспільства в цьому напрямку.

Аналіз наукових досліджень свідчить про актуальність проблеми сексизму у рекламі [4] та наголошує на необхідності подальших досліджень і вдосконалення законодавства для забезпечення етичного та рівноправного представлення статей у рекламних кампаніях.

Результати. У сучасному світі зростає важливість культурного розмаїття і глобальної взаємодії, і необхідно переосмислення географічних стереотипів. Активна роль освіти і засобів масової інформації в подоланні цих стереотипів сприяє створенню більш об'єктивного сприйняття особистості, незалежно від місця проживання.

В світі реклами глибоко вкорінені гендерні стереотипи, які формують наше уявлення про ролі чоловіків і жінок у суспільстві. Сексизм в рекламі не лише визначає стандарти краси та рольові очікування, але і може призводити до негативних соціальних наслідків, таких як зміцнення гендерних нерівностей та утримання стереотипів.

Негативні Моменти у Рекламі та їх Вплив на Бренди та Споживачів:

Заохочення та використання різних стратегій у рекламі може мати потенційні негативні наслідки для брендів та споживачів. Важливо розглянути кілька ключових аспектів, які можуть призвести до негативного ставлення та втрати підтримки.

1. Провокативні чи Шокуючі Зображення: Використання зображень, які шокують аудиторію, може викликати обурення та негативні емоції. Це може вплинути на сприйняття бренду та стати причиною втрати лояльності споживачів.

2. Стереотипи та Образи: Використання стереотипів, особливо тих, які можуть образити або обтяжити певні групи споживачів, може призвести до втрати довіри та підтримки. Гендерні, расові чи соціальні стереотипи можуть викликати негативний резонанс у сучасному розмаїтому суспільстві [7].

3. Неправдиве Представлення: Перебільшення або неправдиве представлення характеристик продукту може викликати недовіру серед споживачів. Якщо обіцянки реклами не відповідають реальності, це може суттєво вплинути на репутацію бренду.

4. Недостатня Відкритість та Прозорість: Недостатня відкритість стосовно маркетингових стратегій може породити в споживачів відчуття обману. Спроби приховати або спотворити інформацію можуть веде до втрати довіри та погіршення сприйняття бренду.

5. Сумнівні Етичні Підходи: Використання спірних або етично сумнівних підходів, таких як емоційний тиск, може викликати відторгнення споживачів. У сучасному світі, де увага до етичних питань зростає, такі методи можуть призвести до негативного ставлення до бренду.

Брендам важливо бути обережними та враховувати можливі негативні наслідки при розробці та впровадженні рекламних стратегій. Збереження позитивного сприйняття та довіри споживачів є важливою умовою для успішної діяльності на ринку.

Однак не всі рекламні кампанії демонструють сексистські тенденції. Існують численні приклади, де компанії активно виступають проти стереотипів, підтримуючи різноманіття та рівноправ'я гендерних ролей. У цьому контексті важливо розглянути позитивні приклади кампаній, які вже сьогодні сприяють створенню більш прогресивних та інклюзивних уявлень про чоловіків і жінок у суспільстві. Давайте розглянемо деякі з них, щоб зрозуміти, як реклама може бути силою для позитивних змін у гендерних стереотипах.

Dove: Dove визнаний своїми кампаніями, що підтримують природну красу жінок. Кампанії, такі як "Real Beauty" та "Choose Beautiful," акцентують унікальність та різноманіття жіночої краси, відмовляючись від сексистських стереотипів.

Always: Кампанія "Like a Girl" від Always використовує впливне відео для переосмислення негативного стереотипу "як дівчина" та заохочує дівчат вірити в свої сили та здібності.

Nike: Компанія Nike відома своїми кампаніями, що підтримують рівність та сили жінок. Рекламні відео, такі як "Dream Crazier," акцентують досягнення жінок у спорті та інших сферах.

#ShareTheLoad by Ariel: Кампанія #ShareTheLoad від Ariel виступає за рівноправ'я в сімейних обов'язках та показує, як стереотипи про ролі чоловіків і жінок можуть бути викликані та змінені.

Pantene: Серія рекламних роликів від Pantene, таких як "Not Sorry" та "Shine Strong," підтримує ідею, що жінки повинні відчувати себе сильними та визначеними у суспільстві.

Ці приклади свідчать про те, що реклама може бути не лише інструментом продажу товарів, але й потужним засобом впливу на гендерні стереотипи та сприяти розбудові позитивних уявлень про ролі чоловіків і жінок у сучасному суспільстві.

Практичні Рекомендації для Створення Об'єктивної та Рівноправної Реклами:

- Маніфестація Різноманіття:

Представлення Різних Груп: Створюйте рекламу, яка відображає різноманіття гендерних, расових, соціальних та інших груп споживачів.

Інклюзивність в Кампаніях: Активно залучайте різні групи до участі у рекламних кампаніях та подіях.

- Боротьба зі Стереотипами:

Уникання Статичних Ролей: Уникають використання статичних гендерних, професійних та соціальних ролей у рекламі. Сприяйте представленню різних аспектів особистості.

Критичне Сприйняття Відображень: Акцентуйте на критичному сприйнятті рекламних відображень, уникаючи позитивного або негативного перебільшення.

- Культура Критичного Мислення:

Освітні Кампанії: Здійснюйте освітні кампанії щодо визначення стереотипів та їхнього впливу на суспільство.

Розвиток Критичного Мислення: Збільшуйте свідомість про культуру критичного мислення серед споживачів та партнерів.

- Етичні Стандарти:

Етичні Принципи в Рекламі: Визначайте та дотримуйтеся етичних стандартів у рекламній діяльності.

Внутрішні Контрольні Механізми: Забезпечте внутрішні контрольні механізми для перевірки етичності рекламних матеріалів перед їхнім запуском.

- Участь Споживачів:

Залучення до Діалогу: Залучайте споживачів до відкритого діалогу щодо рекламних кампаній.

Збір Зворотнього Зв'язку: Активно збирайте зворотній зв'язок від аудиторії та враховуйте його при створенні нових рекламних матеріалів.

- Тренінг та Навчання:

Освітні Програми для Маркетологів: Розвивайте програми навчання для маркетологів з акцентом на рівноправ'я та об'єктивність.

Співпраця з Професійними Організаціями: Співпрацюйте з професійними організаціями для розвитку етичних стандартів у рекламній галузі.

- Трансформація Культури в Організації:

Зміна Культури: Розвивайте внутрішню культуру компанії, спрямовану на рівноправ'я, різноманіття та етичність.

Сприяння Змінам: Підтримуйте ініціативи та проекти, спрямовані на створення більш об'єктивного рекламного середовища.

Врахування цих рекомендацій сприятиме створенню рекламного середовища, яке враховує різноманіття та працює на користь об'єктивності та рівноправ'я.

Зокрема, успішна кампанія дозволяє включити позитивне творіння протидії сексизму. Бренди можуть брати активну участь у вирішенні соціальних проблем та виступати за гендерну рівність. Створення кампанії в підтримку ідей толерантності і та рівноправ'я, сприяє формуванню позитивного враження про бренд серед споживачів та громадськості.

Крім того, важливо враховувати ефективність інтерактивних заходів, спрямованих на взаємодію зі споживачами та відкрите обговорення сексизму. Створіть платформу для діалогу, де бренд може ознайомитися з думками аудиторії та почути їхні думки, це дозволяє вам активно взаємодіяти з аудиторією споживачів. Це також ефективна стратегія, щоб обійти стереотипні або об'єктивні образи і переорієнтувати рекламні кампанії на позитив і цінність бренду.

Створення контенту, який зосереджує увагу на якості продукту, послуги або корпоративної цінності, може допомогти зміцнити позитивну впізнаваність бренду і компенсувати будь-які негативні асоціації, які можуть бути пов'язані з сексизмом.

Загалом, використання успішної кампанії для створення репутації бренду шляхом усунення сексистських елементів у рекламі передбачає не лише виявлення проблем, але й позитивні реакції, спрямовані на покращення стосунків із глядачами та формування позитивного враження про бренд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кісь О. Ґендерні аспекти реклами: сексизм як негативний чинник формування ґендерних відносини в Україні. Практичні аспекти впровадження принципу рівних прав та можливостей жінок і чоловіків в діяльності Верховної Ради України / Заг. ред. О.Суслова.- Програма сприяння Парламенту ІІ: Програма розвитку законотворчої політики. Київ: Москаленко О.М. ФОП, 2010. С. 50-70. URL: https:// www.academia.edu/6544504/%D2%90%D0%95%D0%9D%D0%94%D0%95D0%87%D0%9D%D0%86
2. Проблема уникнення сексизму в рекламі: тенденції та наслідки Вихор, С. Т.; Радченко, О. Я. http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/38025
3. Череп А.В., Басацька А.В. Сексизм в рекламі м. Запоріжжя та Запорізької області: розділ в монографії «Маркетингова діяльність як чинник розвитку суспільства»: монографія за ред. А.В. Череп. Запоріжжя: ЗНУ, 2015. С.42-46.
4. Череп О.Г. Карпенко А.С. Сексизм та гендерні стереотипи в рекламі. Збірник матеріалів IX Міжнародної конференції студентів і молодих вчених «Управління соціально - економічним розвитком регіонів та держави» / [за ред. А.В. Череп]. – Запоріжжя: Видавництво ЗНУ, 2015. С. 61-64.
5. Про рекламу: Закон України від 3.07.1996 р. № 270/96-ВР // Відомості Верховної Ради. - 1996. - № 39
6. Закон України «Про забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків» № 2866-IV від 07.01.2018 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/ laws/show/2866-15
7. Ваксман Р. В. Відмежування рекламної діяльності від суміжних понять: проблема правової кваліфікації / Р. В. Ваксман // Юрист України. 2019. № 4
8. Громенко Ю. О. Господарсько-правова відповідальність за порушення законодавства про рекламу / Ю. О. Громенко // Наука і правоохорона. 2013. № 1. С. 45- 52
9. Стандарти недискримінаційної реклами: світові тенденції та українські ініціативи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://uam.in.ua/gkr/public/?ELEMENT_ID=1936
10. Advertising and Marketing Communication Practice Consolidated ICC Code [Electronic resource]. Mode of access: www.iccwbo.org/policy/marketing/id8532/index.htm

КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ НАПРУЖЕНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЛЕГКОЇ ТА ТЕКСТИЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Щербань В.[1], Колиско О.[1], Гольдберг М.[1], Мельник Г.[1], Щербань Ю.[2]
[1]Київський національний університет технологій та дизайну, Україна
[2]Державний вищий навчальний заклад «Київський коледж легкої промисловості», Україна

Анотація. Проведеними дослідженнями комп'ютерної реалізації алгоритму визначення натягу нитки на технологічному устаткуванні з використанням рекурсії визначені значення натягу ниток перед зоною формування тканини і трикотажу на технологічному устаткуванні. Доведено, що на величину натягу ниток перед зоною формування впливають число направляючих на кожній конкретній технологічній машині, радіус кривизни направляючої, кут охоплення ниткою направляючої, кут радіального охоплення нитки, фізико-механічні і структурні характеристики нитки. Значення кутів охоплення ниткою направляючих і кутів радіального охоплення нитки поверхнею направляючої визначаються геометричними параметрами і конструкцією як системи подачі нитки на технологічному устаткуванні, так і конструкцією направляючих. Завдяки цьому стало можливим ще на початковій стадії проектування технологічного процесу визначати натяг нитки перед зоною формування залежно від геометричних і конструктивних параметрів устаткування і фізико-механічних і структурних характеристик нитки. Експериментальними дослідженнями підтверджена коректність зроблених допущень при побудові моделі взаємодії нитки з направляючою з урахуванням її фізико-механічних і структурних характеристик і можливість використання рекурсії при послідовному визначенні натягу по зонах технологічного устаткування від зони входу до зони формування тканини і трикотажу. Зокрема встановлено, що натяг нитки зростає від зони до зони і досягає свого максимуму перед зоною формування. Показано, що надмірне значення натягу приводить до порушення технологічного процесу і до обриву нитки. На підставі розробленої блок-схеми здійснено комп'ютерну реалізацію алгоритму визначення натягу нитки на технологічному обладнанні з використанням рекурсії. Проведеними дослідженнями встановлено, що у натяг нитки перед зоною формування впливають кількість напрямних кожному конкретної технологічної машині. На основі розробленої теоретичної моделі був реалізований обчислювальний експеримент з визначення натягу та функція зв'язку натягу нитки до і після напрямної з урахуванням радіусу кривизни напрямної, кута охоплення ниткою напрямної, кута радіального охоплення нитки, фізико-механічних та структурних характеристик нитки. Встановлено, що значення охоплення ниткою напрямних і кримінальних радіального охоплення нитки поверхнею спрямовуючою визначаються геометричними параметрами і конструкцією як системи подачі нитки на технологічному обладнанні, так і конкретних напрямних.

Таким чином, є підстави стверджувати про можливість, ще на початковій стадії проектування технологічного процесу виготовлення тканини і трикотажу, спрямованого регулювання натягу нитки перед зоною формування тканини і трикотажу за рахунок коригування геометричних параметрів і конструкції як системи подачі нитки на технологічному устаткуванні, так і конкретних направляючих, що дозволить мінімізувати значення натягу нитки.

Практичне значення полягає в удосконалення системи подачі нитки на круглов'язальних машинах з парасольковим шпулярником та виносним шпулярником ДЛ – 4М та Mayer дозволило обрати оптимальну форму та геометричні розміри структурних елементів системи подачі нитки і знизити величину натягу на 9 -18% та зменшити обривність нитки в середньому на 7 %.

Ключові слова: комп'ютерне прогнозування, напруженість, натяг.

Вступ

Розробка нових схем системи подачі нитки потребує оперативної оцінки значення натягу перед робою зоною. Виходячі з цього, виникає питання про оптимізацію форми лінії заправки на основі мінімізації натягу перед зоною в'язання з урахуванням таких реальних фізико-механічних властивостей нитки[7, 9-14], як жорсткість на згин, мнучкість в зоні контакту. Необхідно враховувати особливості взаємодії нитки з конструктивними елементами системи подачі круглов'язальних машин, такими як радіальне охоплення в зоні контакту, кути охоплення в точках входу та виходу[6-8]. При вирішенні цього складного питання, враховуючи його багатокритеріальність, було розроблено спеціальні алгоритми і відповідне програмне забезпечення для ЕОМ[1,2]. Об'єктом дослідження в роботі виступав технологічний процес на технологічному обладнанні легкої та текстильної промисловості. Предметом дослідження були системи подачі ниток на технологічному обладнанні. Теоретичною основою при вирішенні науково-технічної проблеми є праці провідних вчених в галузях технології текстильного та трикотажного виробництв[3-6], текстильного матеріалознавства, механіки нитки[6], теорії пружності, математичного моделювання[12-14]. У теоретичних дослідженнях використано методи інтегрального та диференційного числення, теоретичної механіки, теорії механізмів та машин, опору матеріалів, планування експерименту та статистичної обробки результатів досліджень. Експериментальні дослідження проводилися в лабораторних умовах та в умовах функціонування реального текстильного виробництва. При розробці програмного забезпечення використовувалися сучасні мови об'єктне – орієнтованого програмування. Експериментальними дослідженнями підтверджено коректність зроблених припущень при побудові моделі взаємодії нитки з напрямною з урахуванням її фізико-механічних та структурних характеристик, що дозволяє використовувати отримані моделі не тільки для якісного, але й для кількісного аналізу процесу взаємодії нитки з напрямною. Різниця між експериментальними даними та результатами обчислювального експерименту, в середньому, не перевищує 5 %. Проведеними дослідженнями комп'ютерної реалізації алгоритму визначення натягу нитки на технологічному устаткуванні з використанням рекурсії визначені значення натягу ниток перед зоною формування тканини і трикотажу на технологічному устаткуванні. Доведено, що на величину натягу ниток перед зоною формування впливають число направляючих на кожній конкретній технологічній машині, радіус кривизни направляючої, кут охоплення ниткою направляючої, кут радіального охоплення нитки, фізико-механічні і структурні характеристики нитки. Значення кутів охоплення ниткою направляючих і кутів радіального охоплення нитки поверхнею направляючої визначаються геометричними параметрами і конструкцією як системи подачі нитки на технологічному устаткуванні, так і конструкцією направляючих. Завдяки цьому стало можливим ще на початковій стадії проектування технологічного процесу визначати натяг нитки перед зоною формування залежно від геометричних і конструктивних параметрів устаткування і фізико-механічних і структурних характеристик нитки. Експериментальними дослідженнями підтверджена коректність зроблених допущень при побудові моделі взаємодії нитки з направляючою з урахуванням її фізико-механічних і структурних характеристик і можливість використання рекурсії при послідовному визначенні натягу по зонах технологічного устаткування від зони входу до зони формування тканини і трикотажу. Зокрема встановлено, що натяг нитки зростає від зони до зони і досягає свого максимуму перед зоною формування. Показано, що надмірне значення натягу приводить до порушення технологічного процесу і до обриву нитки. На підставі розробленої блок-схеми здійснено комп'ютерну реалізацію алгоритму визначення натягу нитки на технологічному обладнанні з використанням

рекурсії. Проведеними дослідженнями встановлено, що у натяг нитки перед зоною формування впливають кількість напрямних кожному конкретної технологічної машині. На основі розробленої теоретичної моделі був реалізований обчислювальний експеримент з визначення натягу та функція зв'язку натягу нитки до і після напрямної з урахуванням радіусу кривизни напрямної, кута охоплення ниткою напрямної, кута радіального охоплення нитки, фізико-механічних та структурних характеристик нитки. Встановлено, що значення охоплення ниткою напрямних і кримінальних радіального охоплення нитки поверхнею спрямовуючою визначаються геометричними параметрами і конструкцією як системи подачі нитки на технологічному обладнанні, так і конкретних напрямних.

Таким чином, є підстави стверджувати про можливість, ще на початковій стадії проектування технологічного процесу виготовлення тканини і трикотажу, спрямованого регулювання натягу нитки перед зоною формування тканини і трикотажу за рахунок коригування геометричних параметрів і конструкції як системи подачі нитки на технологічному устаткуванні, так і конкретних направляючих, що дозволить мінімізувати значення натягу нитки.

Практичне значення полягае в удосконалення системи подачі нитки на круглов'язальних машинах з парасольковим шпулярником та виносним шпулярником ДЛ – 4М та Mayer дозволило обрати оптимальну форму та геометричні розміри структурних елементів системи подачі нитки і знизити величину натягу на 9 -18% та зменшити обривність нитки в середньому на 7 %.

Основна частина

На рис.1 а представлена структурна схема заправки нитки на технологічному обладнанні. Практично для любої технологічної машини (швейної, текстильної, трикотажної) схема заправки включає зону 0, в якій нитка сходить з бобіни, шпулі, ткацького навою, котушки основов'язальної машини. В зонах 1…N нитка взаємодіє з робочими елементами системи подачі. До робочих елементів відносяться різні спрямовувачі з отворами у формі тора, циліндричні спрямовувачі, пристрої для натягу нитки (шайбові, гребінчасті, пальцьові, оригінальної конструкції для конкретної технологічної машини), компенсатори натягу нитки (з шайбами, з пальцями, гребінчастий, трубчатий, оригінальної конструкції для конкретної технологічної машини). Зона ZP представляє собою робочу зону, де нитка переробляється (зона в'язання, зона формування тканини, зона зшивання матеріалів, зона формування ткацьких навоїв, зона формування бобін та ін.).

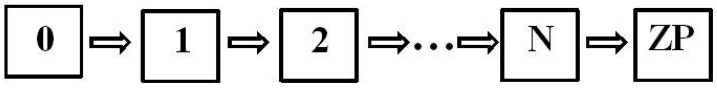


Рис.1. Структурна схема заправки нитки на технологічному обладнанні

Нормальне протікання технологічних процесів можливе у випадку, коли нитка перед зоною ZP буде мати мінімально необхідний натяг. При збільшенні натягу в системі подачі будуть виникати обриви, що призведе до зупинки технологічного обладнання та знизить його продуктивність. Крім того, розробка нових схем системи подачі нитки потребує оперативної оцінки значення натягу перед робою зоною ZP. Для цього ефективно використовувати спеціально розроблені програми для виконання обчислювального експерименту.

Характерною особливістю структурних схем заправки нитки на технологічному обладнанні є те, що вихідний натяг нитки на поточній зоні буде вхідним для наступної. Це дозволяє використовувати рекурсивних підхід для визначення натягу перед робочою зоною ZP. Лінію заправки необхідно розбити на зони, в кожній з котрих буде

знаходиться один елементами системи подачі. Тоді система рівнянь, яка описує зміну натягу по зонам, буде мати вигляд

$$\begin{aligned} &P_1 = P_0 f_0(P_0), \\ &P_2 = P_1 f_1(P_1), \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &P_i = P_{i-1} f_{i-1}(P_{i-1}), \\ &i = 1,2 \ldots n, \end{aligned} \qquad (1)$$

де P_0 - натяг нитки в зоні входу в систему подачі на технологічній машині; $P_1, P_2 \ldots P_i$ - натяг нитки при виході з відповідної зони; $f_0(P_0), f_1(P_1) \ldots f_{i-1}(P_{i-1})$ - функції, які пов'язують натяг нитки до та після елемента системи подачі в кожній зоні; i - поточний номер зони; n - кількість елементів системи подачі ниток конкретної технологічної машини.

Використовуючи рекурсивний підхід для визначення натягу нитки перед робою зоною ZP, при якому вихідний натяг нитки на поточній зоні буде вхідним для наступної (рис.1), представимо систему рівнянь (1) у вигляді

$$P_n = P_0 \prod_{i=0}^{n} f_i(P_i). \qquad (2)$$

На рис.2 представлена блок-схема комп'ютерної програми реалізації алгоритму рекурсії для визначення технологічних зусиль. Зупинимося на розшифруванні окремих блоків. Блок 1 відповідає початку виконання алгоритму. В блоці 2 задаються величини: kivuz - кількість вузлів; vrux - швидкість руху нитки; dlinz - довжина лінії заправки. В блоці 3 розраховується час руху нитки після сходу з бобіни до моменту входу в робочу зону за формулою

$$TRUXU = dlinz / vrux. \qquad (3)$$

Блок 4 включає в себе три блока процедур: procedure.TForm2.N2Click; procedure.TForm2.N3Click; procedure.TForm2.N4Click. Процедура procedure.TForm2.N2Click забезпечує обрання виду сировини: процедура procedure.TForm2.N28Click забезпечує введення даних для бавовняної пряжі; процедура procedure.TForm2.N29Click забезпечує введення даних для вовняної пряжі; процедура procedure.TForm2.N36Click забезпечує введення даних для шовкової нитки; процедура procedure.TForm2.N37Click забезпечує введення даних для віскозної нитки; процедура procedure.TForm2.N38Click забезпечує введення даних для капронової комплексної нитки; процедура procedure.TForm2.N39Click забезпечує введення даних для лавсанової нитки; процедура procedure.TForm2.N40Click забезпечує введення даних для льняної нитки; процедура procedure.TForm2.N30Click забезпечує введення даних для капронової мононитки. При обранні сировини задається текс нитки чи пряжі. На наступному етапі розраховується діаметр перетину.

Процедура procedure.TForm2.N3Click забезпечує обрання діаметру сировини. В програмі закладена можливість використання трьох варіантів: діаметр нитки чи пряжі постійний (процедура procedure.TForm2.N31Click); діаметр змінюється за періодичним законом (процедура procedure.TForm2.N12Click); зміна діаметру сировини відбувається за законом, який запропонований користувачем (процедура procedure.TForm2.N14Click). Для цього в програмі використовується модифікований транслятор на основі зворотних польських записів.

В блоці 5 обирається перший елемент системи подачі ниток конкретної технологічної машини. Блок 6 використовується для обрання матеріалу напрямної поверхні. Для цього реалізується процедура procedure.TForm2.N43Click при обранні сталевої чи керамічної напрямної. В залежності від обрання матеріалу з бази застосовуються відповідні коефіцієнти тертя[7,8].

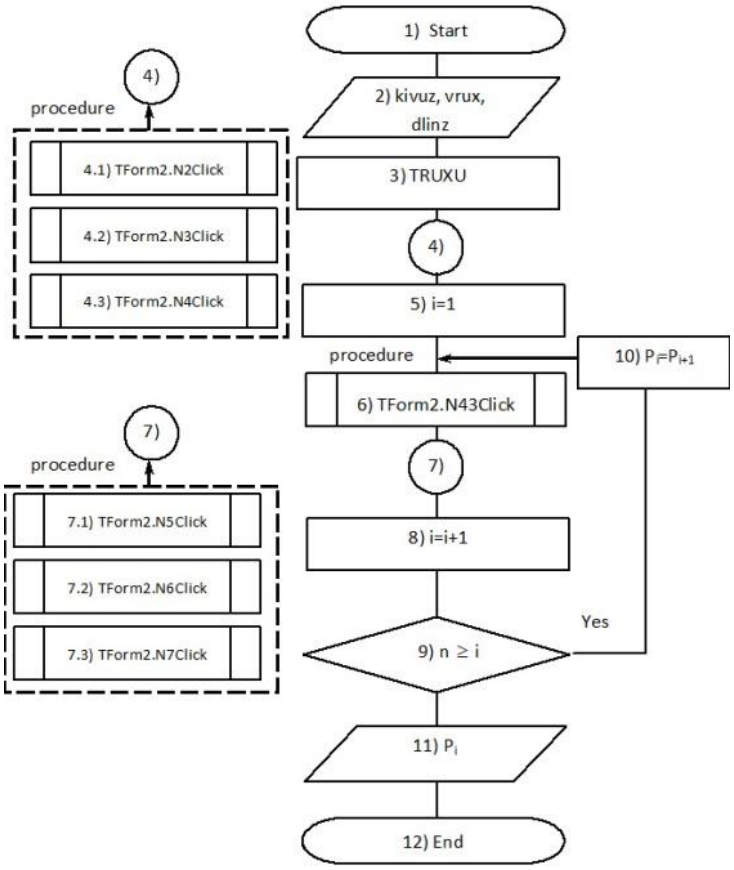


Рис.2. Блок-схема комп'ютерної реалізації алгоритму визначення натягу нитки с використанням рекурсії

Блок 7 процедур включає в себе три блока процедур: процедура procedure.TForm2.N5Click, яка використовує пристрої для натягу нитки (шайбові – процедура procedure.TForm2.N19Click, гребінчасті – процедура procedure.TForm2.N20Click, пальцьові – процедура procedure.TForm2.N21Click, оригінальної конструкції для конкретної технологічної машини – процедура procedure.TForm2.N45Click); процедура procedure.TForm2.N6Click, яка використовує компенсатори натягу нитки (з шайбами – процедура procedure.TForm2.N22Click, з пальцями – процедура procedure.TForm2.N23Click, гребінчастий – процедура procedure.TForm2.N24Click, трубчатий – процедура procedure.TForm2.N25Click, оригінальної конструкції для конкретної технологічної машини – процедура procedure.TForm2.N46Click); процедура procedure.TForm2.N7Click, яка використовує циліндричні спрямовувачі при спрямуванні нитки в робочу зону – процедура procedure.TForm2.N27Click та спрямовувачі з отворами у формі тора – процедура procedure.TForm2.N26Click.

В блоці 8 здійснюється перехід до наступного елементу системи подачі. Блок 9 використовується для перевірки номеру елементу системи подачі с заданим числом елементів системи подачі нити технологічної машини. У випадку виконання умови відбувається повернення до блоку 6. При цьому, в блоці 10 відбувається пере присвоювання, коли вихідний натяг нитки на поточній зоні буде вхідним для наступної. У випадку, коли умова не виконується відбувається перехід до блоку 11, де фіксується натяг нитки перед робою зоною ZP. Блок 12 відповідає кінцю виконання алгоритму.

На рис.3 представлені перша та основна форма програми.

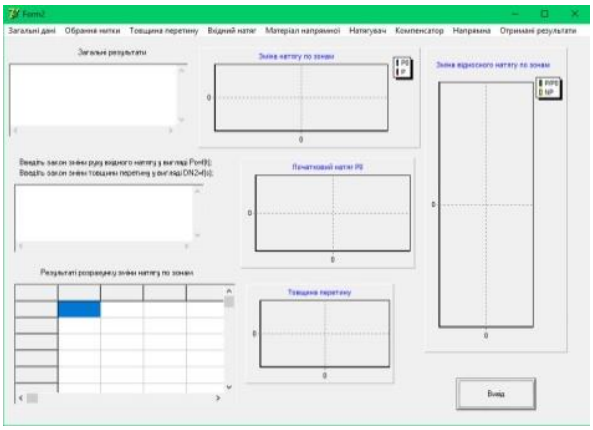


Рис.3. Перша та основна форма програми

На рис.4 представлені основні компоненти головного меню MainMenu1: TMainMenu програми. Графічна форма процедури procedure.TForm2.N32Click загальних даних представлена на рис.4а. Графічна форма процедури procedure.TForm2.N2Click обрання нитки представлена на рис.4б.

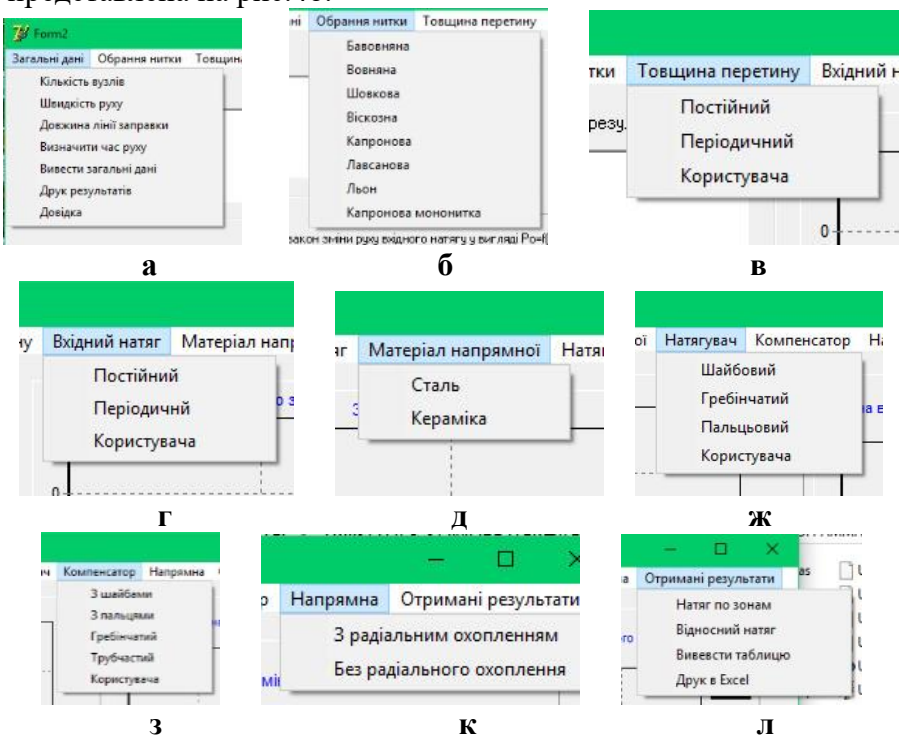


Рис.4. Основні компоненти головного меню MainMenu1: TMainMenu програми

Графічна форма процедури procedure.TForm2.N3Click товщини перетину представлена на рис.4в. Графічна форма процедури procedure.TForm2.N4Click вхідного натягу представлена на рис.4г. Графічна форма процедури procedure.TForm2.N42Click матеріалу напрямної представлена на рис.4д. Графічна форма процедури procedure.TForm2.N5Click обрання пристрою для натягу нитки представлена на рис.4ж. Графічна форма процедури procedure.TForm2.N6Click компенсатора натягу нитки представлена на рис.4з. Графічна форма процедури procedure.TForm2.N7Click напрямної для нитки представлена на рис.4к. Графічна форма процедури procedure.TForm2.N8Click розрахунку та представлення результату представлена на рис.4л.

При визначенні натягу окремої нитки допускаємо, що існує функціональна залежність між величинами y (натяг при різних діаметрах бобіни) та x (діаметр

бобіни). При цьому, функція $y = f(x)$ невідома, але на основі експериментальних досліджень встановлені практичні дані (таблиця 1). Задача полягає в тому, щоб: знайти функцію, по можливості більш простішу з обчислювальної точки зору, яка представляла невідому функцію $y = f(x)$ точно або наближено; визначити проміжні значення функції $y = f(x_i^*)$, де $x_i < x_i^* < x_{i+1}$.

Оскільки різність між суміжними значеннями аргументу різна, то поставлена задача інтерполяції буде зведена до знаходження багаточлену $P(x)$ ступеню $\leq n$ за допомогою інтерполяційних формул Лагранжа та Ньютона (метод розподілених різностей).

Інтерполяційна формула Ньютона для усіх вузлів інтерполяції

$$P(x) = y_0 + (x - x_0) f(x_0, x_1) + (x - x_0)(x - x_1) f(x_0, x_1, x_2) + ... +$$
$$+ (x - x_0)(x - x_1)...(x - x_{n-1}) f(x_0, x_1, ...x_n).$$

В вузлах інтерполяції $P(x_i) = f(x_i) = y_i (i = 1,2,...n)$ тому, що остаточний член в них $R(x) = (x - x_0)(x - x_1)...(x - x_n) f(x, x_0, x_1, ...x_n) = 0$. Остаточний член $R(x)$ дає можливість оцінити похибку на базі

$$R = f(x, x_0, ...x_n) \prod_{i=0}^{n} (x - x_i),$$
$$\varepsilon = |P_n(x) - f(x)| \leq f',$$
$$f' = |(x - x_0)(x - x_1)...(x - x_n)| \frac{|f^{n+1}(\xi)|}{(n+1)!},$$

де $\frac{|f^{n+1}(\xi)|}{(n+1)!}$ - це $(n+1)$ похідна функції $f(x)$ в точці ξ з найменшого проміжку, який зберігає усі точки $x_0, x_1, x_2 ... x_n$.

На рис.5 представлений графік поліноміальної функціональній залежності та експериментальні дані натягу в залежності від діаметру.

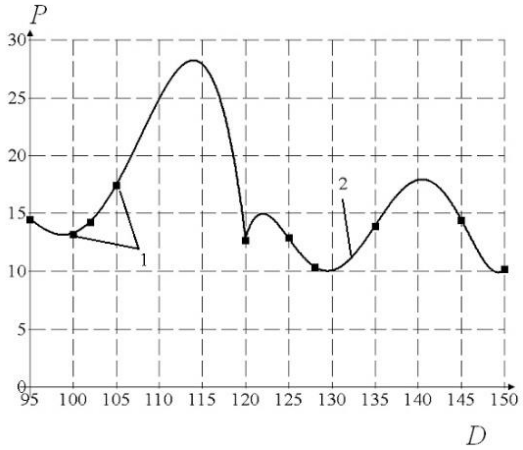
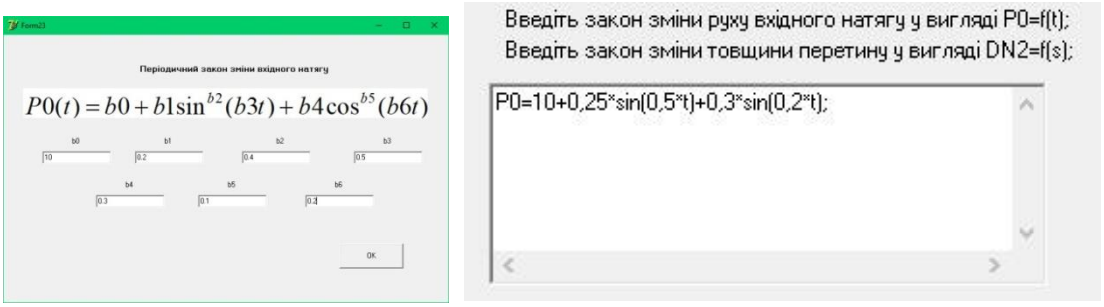


Рис.5. Графік поліноміальної функціональній залежності натягу в залежності від діаметру: 1 – експериментальні дані; 2 – графік функції $P(D)$

Аналіз графічної залежності показує, що для її апроксимації можна використовувати тригонометричні або алгебраїчні поліноми.

При розробці програмних модулів використовувалися закон зміни вхідного натягу представлений у вигляді гармонічної функції або у вигляді довільній функції користувача з використанням зворотних польських записів. На рис.6 представлені форми програмних модулів: 6а – закон зміни натягу у вигляді гармонічної функції; 6б

- закон зміни натягу у вигляді довільній функції користувача з використанням зворотних польських записів.



а *б*

Рис.6. №акон зміни натягу

Для завдання закону зміни вхідного натягу $P_0 = P_0(t)$ був використаний модуль unit Unit23. Для закону зміни вхідного натягу $P_0 = P_0(t)$ у вигляді довільній функції користувача був використаний модуль Synt на основі розробленого транслятора з використанням зворотних польських записів.

На рис.7 представлена залежність поперечного перетину вовняної пряжі 29,9 текс довжиною 1 м. Аналіз показує, що апроксимувати нерівномірність поперечного перетину можна за допомогою наступного поліному

$$d_н = 2r_н = \sum_{i=1}^{n} (a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t) \ , \qquad (3)$$

де a_i, b_i - амплітуди зміни i- ї гармоніки поперечного перетину; ω_i - частота зміни поперечного перетину i- ї гармоніки ; n - число гармонік; t - час.

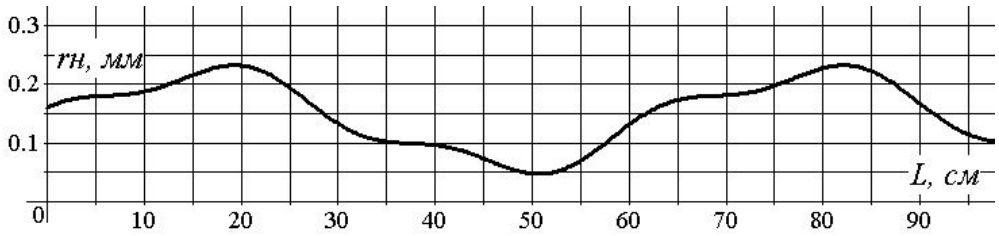


Рис.7. Залежність поперечного перетину вовняної пряжі 29,9 текс від довжини

Натяг нитки перед робою зоною, з використанням рекурсивного підходу, буде мати вигляд

$$P_n = P_0(t) \prod_{i=0}^{n} f_i(P_i),$$

де $P_0(t)$ - закон зміни вхідного натягу нитки в зоні входу в систему подачі на технологічній машині; $f_i(P_i)$ - функції, які пов'язують натяг нитки до та після елемента системи подачі в кожній зоні; i - поточний номер зони; n - кількість елементів системи подачі ниток конкретної технологічної машини.

Для кожного структурного елементу натяг, з урахуванням залежності (3), буде визначатися за формулою

$$P_{i+1} = P_i[1 + \frac{(R_j + 0.5\sum_{i=1}^{n}(a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t))}{[R_j + 0.5\sum_{i=1}^{n}(a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t)(1-\delta_{0j})]}(e^{\frac{\beta_j}{\sin \beta_j} \frac{a}{P_i^b} R_j^b \phi_j} - 1)] +$$

$$+\left[\frac{B}{2[R_j + 0.5\sum_{i=1}^{n}(a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t)(1-\delta_j)]^2}\right] - \left[\frac{B}{2[R_j + 0.5\sum_{i=1}^{n}(a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t)(1-\delta_{0j})]^2}\right] \times$$

$$\times[1 + \frac{(R_j + 0.5\sum_{i=1}^{n}(a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t))}{[R_j + 0.5\sum_{i=1}^{n}(a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t)(1-\delta_{0j})]}(e^{\frac{\beta_j}{\sin \beta_j} \frac{a}{P_i^b} R_{ms(j)}^b \phi_j} - 1)],$$

(4)

де P_{i+1} – натяг нитки після j конструктивного елементу ; P_i – натяг нитки до j конструктивного елементу; R_j – радіус кривизни поверхні j конструктивного елементу; δ_{0j} – початкова деформація перетину нитки при набіганні на j конструктивний елемент; δ_j – кінцева деформація перетину нитки при збіганні з j конструктивного елементу; β_j – кут радіального охоплення нитки поверхнею j конструктивного елементу; φ_j – реальний кут охоплення ниткою j конструктивного елемента.

Сумісне рішення системи рівнянь (3) - (4) дозволяє визначити значення натягу нитки в робочій зоні. На рис.8 представлені комп'ютерні програмні модулі для визначення натягу. Модуль unit Unit4(рис.8а) призначений для обрання сировини нитки чи пряжі. Активізуючи кнопку (Button1: TButton) модуля unit Unit4(рис.8б) здійснюємо розрахунок параметрів нитки. Процедура (procedure TForm2.N12Click(Sender: TObject)) модуля unit Unit4(рис.8в) призначена для обрання періодичного закону зміни діаметру поперечного перетину. Процедура (procedure TForm2.N14Click(Sender: TObject)) модуля unit Unit4(рис.8г) призначена для обрання періодичного закону зміни діаметру поперечного перетину.

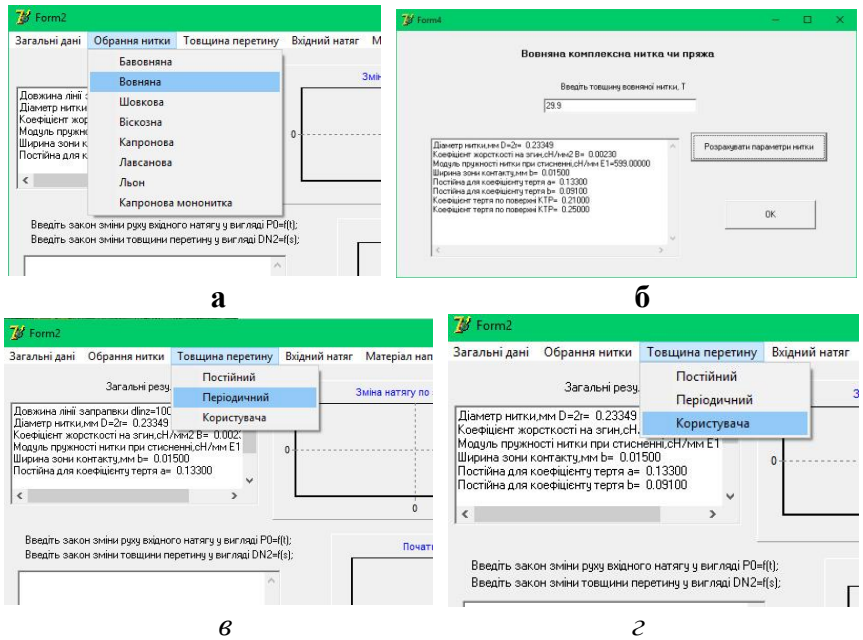
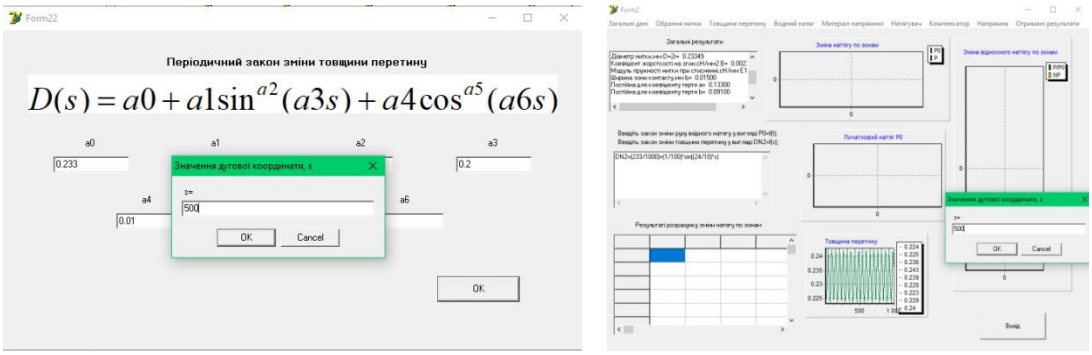


Рис.8. Комп'ютерні модулі програми для визначення натягу

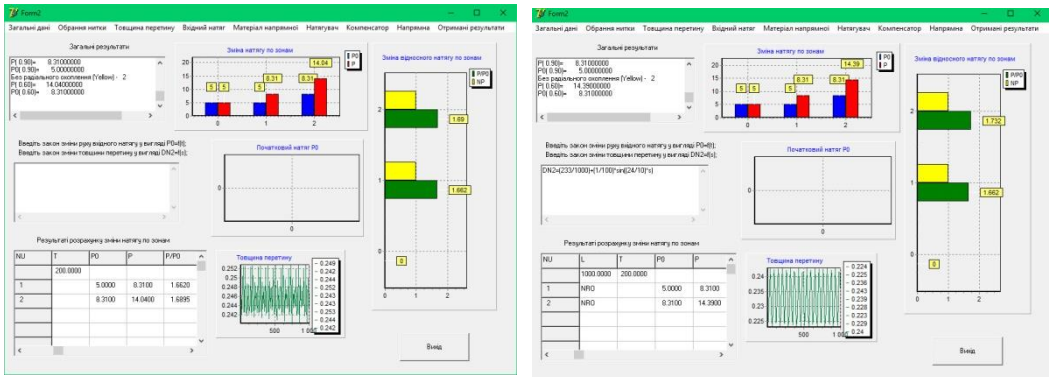
На рис.9а представлений модуль Unit22 для реалізації закону зміни діаметру перетину нитки у вигляді гармонічної функції. Коефіцієнти апроксимації обираються на основі експериментальних досліджень. На рис.9б представлена форма TForm2 = class(TForm) модуля Unit2 за допомогою якого можна задавати закон зміни діаметру перетину нитки у вигляді довільній функції користувача. Для цього в програмі використовується транслятор у вигляді модуля unit Synt з використанням зворотних польських записів .



а *б*

Рис.9. Форми модулів Unit22 та Unit2

Результати розрахунку значення натягу нитки в робочі зоні технологічної машини для випадку двох вузлів представлені на рис.10.

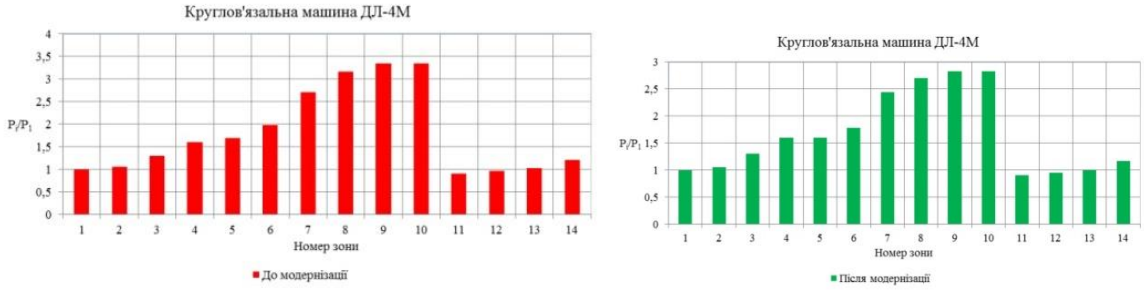


а *б*

Рис.10 Результати розрахунку натягу для двох вузлів на технологічній машині

Для круглов'язальної машини ДЛ–4М зміна натягу, по зонах заправки, представлена на рис.11а. Аналіз діаграми показав, що до вертикального накопичувача нитки барабанного типу натяг зростає за рахунок взаємодії нитки з поверхнями конструктивних елементів системи заправки. Після проходження вертикального накопичувача нитки барабанного типу натяг починає знову зростати і досягає свого максимуму в зоні в'язання. Максимальне значення складає майже 3,4 перед 11 зоною. Виходячи з цього можна стверджувати, що накопичувач нитки барабанного типу, виконуючи свою функцію по зменшенню натягу, не виключає можливості обриву на ділянці між 1 та 10 зонами, як це видно з рис.11 а. Використовуючи алгоритм та програмне забезпечення, які розглядалися в другому розділі, нами отримана оптимальна форма лінії заправки нитки для круглов'язальної машини ДЛ–4М, яка наведена на рис.11 б. Аналіз результатів по визначенню зміни відносного натягу нитки по зонах показав, що тенденція зберігається як і у випадку до оптимізації. Проте значення відносного натягу значно зменшилися. Так у 10 зоні відносний натяг вже складав 2,7, що майже на 9% менше ніж у випадку до оптимізації. Проведені дослідження дозволили обрати

оптимальну форму та геометричні розміри структурних елементів системи подачі нитки для круглов'язальної машини ДЛ–4М і знизити нерівномірність натягу для бавовняної пряжі 27,6 текс з 9,3 сН до 8,5 сН (зменшення натягу на 9 %).



а **б**

Рис.11. Діаграма зміни відносного натягу нитки по зонах заправки круглов'язальної машини ДЛ–4М

Висновоки

На основі реалізації алгоритму визначення натягу нитки по зонах заправки на технологічному обладнанні, з використанням рекурсії, розроблена комп'ютерна програма, за допомогою якої, з урахуванням реальних фізико-механічних властивостей сировини, можна визначати натяг перед робою зоною та оцінювати напруженість процесу по зонах заправки.

На основі реалізації алгоритму рекурсії розроблені модулі комп'ютерної програми для визначення натягу нитки в робочій зоні у випадку, коли діаметр нитки має змінне значення з використанням зворотних польських записів. Наведена структура комп'ютерної програми реалізації алгоритму рекурсії для визначення технологічних зусиль в робочій зоні текстильного обладнання для випадку, коли діаметр нитки має змінне значення. Представлені програмні модулі програми для визначення технологічних зусиль в робочій зоні на текстильних машинах з урахуванням зміни діаметру перетину нитки для широкого спектру комплексних ниток та пряжі. Програмними модулями передбачена можливість завдання закону зміни діаметру перетину нитки у вигляді гармонічної функції або довільній функції користувача з використанням зворотних польських записів у вигляді транслятора.

Бібліографія

1. Свідоцтво № 110144 про реєстрацію авторського права на твір (2022) Комп'ютерна програма «Програмний комплекс варіанту 6.0 для реалізації алгоритму рекурсії при визначенні технологічних навантажень»/ Щербань В. Ю., Макаренко Ю. В., Колиско О. З., Мельник Г. В., Петко А. К., Колиско М. І., Калашник В. Ю., Осипенко В. В. – Дата реєстрації 06.12.2021р. Опубліковано 31.01.2022, бюл. №68.
2. Свідоцтво № 110143 про реєстрацію авторського права на твір (2022) Комп'ютерна програма «Програмний комплекс варіанту 7.0 для реалізації алгоритму рекурсії при визначенні технологічних навантажень»/ Щербань В. Ю., Макаренко Ю. В., Колиско О. З., Мельник Г. В., Петко А. К., Колиско М. І., Калашник В. Ю., Осипенко В. В. – Дата реєстрації 08.12.2021р. Опубліковано 31.01.2022, бюл. №68.
3. Scherban V. Yu. (2011) Mathematical Models in CAD. Selected sections and examples of application /V. Yu. Scherban, SM Krasnitsky, VG Rezanova. - K.: KNUTD. 240 p.

4. Shcherban V.Y. (2018) Basic design support of CAD in the fashion industry/VY Shcherban, YY Shcherban, OZ Kolisko, GV Melnik, MI Sholudko, VY Kalashnik. - K.: Education of Ukraine. 902 p.
5. Shcherban' V., Makarenko J., Petko A., Melnyk G., Shcherban' Yu., Shchutska G.(2020) Computer implementation of a recursion algorithm for determining the tension of a thread on technological equipment based on the derived mathematical dependences // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. volume 104. -№2/1. – pp.41-50.
6. Щербань В.Ю. (2004) САПР оборудования и технологических процессов легкой и текстильной промышленности/В.Ю.Щербань, О.И.Волков, Ю.Ю.Щербань. – К.:Бумсервис, 519 с.
7. Yakubitska Y.A., Chugin, V.V., Shcherban', V.Yu.(1997) Dynamic analysis of the traversing conditions at the end sections of the groove in a winding drum. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Technology of Textile Industry. 5, 33-36.
8. YakubitskaYA, I.A., Chugin, V.V. , Shcherban', V.Yu. (1997) Differential equations for relative yarn movement in the end sections of the channel in the winding drum. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Technology of Textile Industry. 6, 50-54.
9. Shcherban' V. (2019) Improvement of structure and technology of manufacture of multilayer technical fabric/V.Shcherban' , G. Melnyk , M.Sholudko , O.Kolysko, V.Kalashnyk// Fibres and Textiles. volume 26 , 2, 54-63.
10. Shcherban' V. (2018) Yarn tension while knitting textile fabric/V.Shcherban' , G. Melnyk , M.Sholudko , O.Kolysko, V.Kalashnyk// Fibres and Textiles. volume 25, 3, 74-83.
11. Vasilchenko V.N., Shcherban V.Yu. (1986) Influence of the twist of a capron complex filament on the value of its flexural rigidity// Technology of the textile industry. 4,.8-9.
12. Scherban V.Yu. (1990) Investigation of the process of duck surf during the formation of multilayer technical fabric// Technology of the textile industry. 4,.41-44.
13. Scherban V.Yu. (1990) Determination of the geometric characteristics of the shape of the filament axis moving along the deformable guide surface // Technology of the textile industry. 6, 52-55.
14. Shcherban', V.Yu. (1990) Determining the technological forces during beating-up in the production of multilayer industrial fabrics. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Technology of Textile Industry. 3, 44-47.

ПАРАДИГМА ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ВІДРОДЖЕННЯ СЕРВІСНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ЇЇ ПОВОЄННОЇ АДАПТАЦІЇ ДО ЄВРОПЕЙСЬКИХ ВИМОГ

Шерстюк Р.П., Андрушків Б.М., Ратинський В.В.,
Бойко О.Б., Гагалюк О.І., Дзюбатий Р.В.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

Анотація. У статті зроблено спробу формування стратегії відродження сервісної інфраструктури в умовах її повоєнної адаптації до Європейських вимог і стандартів та організаційного механізму визначення векторів розвитку (воєнний та повоєнний періоди) в Європейських контекстах. Дослідження відбувається у відповідності до чинної нормативної та законодавчої бази, наявних державних стратегій з врахуванням загальної державної політики у сфері послуг. Розроблена стратегія є основною умовою успішної реалізації задуму відновлення сервісної інфраструктури, що відповідає європейським стандартам, умовам післявоєнної адаптації, управлінським реформам і забезпечує сталий розвиток України після війни. Цей крок має призвести не лише до покращення ефективності державної служби, але й загалом до підвищення якості та ефективності державного управління та його рішень.
Визначено, що різноманітні аспекти управлінських функцій та завдань державних органів підкреслюють важливість отримання високоякісної професійної підготовки та постійного підвищення кваліфікації, щоб відповідати потребам економічного та соціального розвитку країни в контексті наближення до Європейського Союзу. Однак формування керівництва з характерними рисами порядності, професіоналізму та патріотизму є складним процесом, що вимагає уникнення політичного впливу на кадрові рішення, застосування квот та традиційної лояльності. Ці практики можуть призвести до відвертого обслуговування посадовцями корпоративних інтересів, проявів корупції та, як наслідок, дискредитації інститутів державної служби та місцевого самоврядування.
Проаналізовано руйнівні результати, за орієнтацією на яких може відбуватися формування та обґрунтування концепції відродження сервісної інфраструктури в умовах економіко-гуманітарних Європейських стандартів. Запропоновано заходи, які дозволять «запустити» євро-інтеграційні процеси у сфері сервісного обслуговування, залучити до них не лише вітчизняні, а і зарубіжні інвестиції та суттєво прискорити їх відновлення та активізацію після війни.
Ключові слова: Війна, повоєнний період, сервісна інфраструктура, організаційний механізм, стратегія, парадигма, ЄС.

Постановка проблеми. Особливими складнощами визначається актуальність теми дослідження у сфері управління сервісною інфраструктурою за воєнних умов та поглибленням у цьому зв’язку суспільно–політичної та фінансово-економічної криз.

Необхідно сказати, що сьогодні, у цьому ж зв’язку, пересічні громадяни України переживають дискомфорт і незручності. В управлінні має місце прийняття необґрунтованих рішень, невчасні та необґрунтовані реформи. Маємо на увазі адміністративно-територіальна реформа під час війни спрацювала не на нашу користь і суттєво загальмувала розвиток сервісної інфраструктури. Тим часом, сфера послуг завжди була і залишається найважливішим чинником, який забезпечує комфортність та стабільність у суспільстві та ін. Реалізація оборонних можливостей, теж, в багатьох випадках, залежить від успішності функціонування цієї галузі Національної економіки. Стратегія розвитку сервісної інфраструктури має стати складовою всієї управлінської, виробничої та гуманітарної діяльності і повинна бути спрямована не лише на ефективну адаптацію до екстремальних умов та згідно з державними цілями, завданнями органів самоврядування, а також з врахуванням галузевих та територіальних особливостей (у повоєнний період) відповідно до Європейських вимог.

Ці обставини вимагають залучення до управлінських процесів всього суспільства, науку, політиків, громадськість і навіть духовенство. За цих умов актуальними стають питання не лише управління ними, а і відтворення матеріально – технічної бази, кадрового потенціалу країни у новому якісному Європейському розумінні.

Перед керівництвом будь-якого державного, галузевого чи територіального рівня, в умовах війни, виникає завдання збереження не лише інфраструктури, ресурсів, матеріальної частини, а і найбільш кваліфікованої частини трудових ресурсів сфери послуг. В цих обставинах відповідними державними структурами повинні розроблятися відповідні стратегії розвитку на повоєнний період, впроваджуватися обґрунтовані заходи, та організаційно-економічні механізми, які будуть сприяти покращенню якісних характеристик функціонування цієї галузі національної економіки. Активізувати стимулювання діяльності персоналу щодо стабілізації суспільства, підвищення обороноздатності держави, виходу з багато чисельних криз, вироблення рекомендацій на активізацію вирішення цієї проблематики в контексті входження України до ЄС у повоєнний період.

Власне ці та інші обставини обумовлюють актуальність та своєчасність даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Слід зазначити, що окремі фрагменти та передумови формування стратегії відродження сервісної інфраструктури в умовах повоєнної її адаптації до Європейських вимог, розкрито у задепонованих моногафіях: «Управління сервісними підприємствами в умовах добровільного об’єднання територіальних громад». (Тернопіль: ТДТУ ім. І.Пулюя, 2019 . Том 1. 352 с.), та «Управління сервісними підприємствами в умовах добровільного об’єднання територіальних громад». (Тернопіль: ТДТУ ім. І.Пулюя, 2022 . Том 11. 324 с.). У цих виданнях, на основі соціологічного аналізу громадської думки та існуючого досвіду роботи державних органів управління, органів місцевого самоврядування та суб’єктів господарювання, за участі громадських формувань виявлено окремі проблеми воєнно-оборонного характеру. Дано їм оцінку з позицій пересічного громадянина об’єднаних територіальних громад (ОТГ) [8 -10].

Загалом теоретико-методологічні проблеми економічної сутності торгівельно-побутового сервісу, впливу особливостей сфери послуг на маркетингову діяльність були предметом дослідження західних науковців, зокрема, К. Альбрехта, Г. Армстронга, Р. Гріфіна, Е. Гуммессона, Ф. Котлера, М. Портера, С. Харт.

Важливий внесок у розвиток сучасної теорії та практики диверсифікації діяльності сервісних підприємств зробили В. Андрійчук, Б. Андрушків, В. Борисова, В. Збарський, М. Ільчук, Т. Іщенко, М. Корінько, Н. Мариненко, О. Павликівська, С. Покропивний, С. Співак та ін.

У вітчизняній економічній науці проблемам організації та економіки функціонування сервісних підприємств присвячені праці П. Березівського, А. Заїнчковського, В. Зіновчука, М. Ільчука, О. Крисального, М. Маліка, П. Мосіюка, Н. Степаненко, М. Хорунжого, Г. Черевка та ін.

Аналізування внутрішньогосподарських проблем і особливостей планування фінансових ресурсів територіальних громад представлено в працях О. Кириленко, В. Кравченко, А. Крисоватого, М. Крупки, Г. Маркович, Г. Монастирського, В. Опаріна, Н. Татарин, А. Череп [7], тощо. Вивчення міжнародного досвіду побудови і функціонування фінансів територіальних громад на прикладі цілого ряду країн входить в коло наукових інтересів таких відомих дослідників як О. Бориславська, Ю. Ганущак, Х. Джурик, І. Сторонянська, А. Ткачук [1 - 12].

Тим часом, в українській науковій літературі відсутні комплексні дослідження, які власне присвячені формуванню стратегії відродження сервісної інфраструктури в

умовах повоєнної її адаптації до Європейських вимог, ефективності адміністративно-територіальної реформи у воєнно-оборонній ситуації, вивченню стану та умов відродження сервісної інфраструктури в повоєнний період відповідно до вимог ЄС, вироблення стратегії на перспективу з врахуванням особливостей торгово-побутового обслуговування.

Потребують ґрунтовного удосконалення концептуальна модель формування стратегії розвитку територіальних громад та типологія сервісних підприємств у контексті діяльності територіальних громад та ін.

Недостатньо дослідженим для сфери торгово-побутового сервісу залишається питання місця та ролі сервісних підприємств в ринковій економічній системі, сутності диверсифікації як стратегічної орієнтації обслуговуючих підприємств, а також визначення механізму її формування та реалізації.

Незважаючи на певний розвиток категорійного апарату, аспекти роботи сервісних служб територіальних громад у воєнних та повоєнних умовах, в науковій літературі, питання, які є темою цього дослідження, теж не систематизовані та зустрічаються, як допоміжні при висвітленні окремих розробок.

Таким чином, незважаючи на широке коло досліджень означеної проблематики формування стратегії відродження сервісної інфраструктури в умовах повоєнної її адаптації до Європейських вимог, в оборонних умовах та умовах системних повоєнних реформ, висвітлені недостатньо. Немає визначення векторів удосконалення управління та підвищення ефективності функціонування сервісної інфраструктури в галузевому та територіальному розрізах в екстремальних воєнних та повоєнних умовах, а тому потребують подальшого вивчення та вироблення відповідних рекомендацій.

Ці та інші обставини обумовили вибір теми статті та є визначальними у формуванні мети та завдань дослідження.

Мета та завдання дослідження

Метою нашої статті є висвітлення особливостей розвитку сервісної інфраструктури, (сфери послуг) в повоєнний період, вивчення сучасного стану розвитку сфери послуг та на цій базі здійснити формування означеної стратегії в умовах повоєнної її адаптації до Європейських вимог та пошук нових підходів у контексті вдосконалення організаційно-економічних механізмів управління нею у повоєнний період, відповідно до стандартів та вимог ЄС.

Завданнями визначити засади, принципи та концептуальні позиції державної політики, її місце і роль у формуванні стратегії відродження сервісної інфраструктури в умовах повоєнної її адаптації до Європейських вимог. Визначення шляхів та засобів розв'язання конкретних організаційних проблем у взаємозв’язку знову ж таки у державному, галузевому та територіальному розрізах з врахуванням відповідних науково-технічних програм.

Вирішення поставлених завдань, реалізація мети в загальному вигляді полягає в тому: доки не буде сформовано ефективну стратегію відродження сервісної інфраструктури в умовах повоєнної її адаптації до Європейських вимог, - Україна матиме труднощі в реалізації стратегічних завдань, вступу в ЄС та не скоро посяде гідне місце серед цивілізованих Європейських країн. У цьому сенсі, справді, державну політику у сфері відновлення сервісної інфраструктури можна вважати індикатором розвитку суспільства [10].

Отже, підбір розстановка та забезпечення державного управління в умовах війни та в оборонній ситуації – це складний безперервний процес, який передбачає підвищення ефективності всієї системи управління в т.ч. і у сфері відновлення сервісної інфраструктури. Як свідчить історична практика, формування сучасної державної політики, в екстремальних умовах, може бути результативним у разі дотримання певних

вимог та умов серед яких послідовне здійснення низки науково-дослідних, організаційно-управлінських, політичних та законодавчих дій.

В загальному вигляді постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями, їх результативністю повинна передбачати вплив на активізацію радикальних змін у всіх сферах суспільного життя шляхом науково обґрунтованого реформування. Ці та інші обставини зумовлюють посилення уваги до осмислення цих змін, аналізу існуючих проблем та визначення шляхів їх послідовного вирішення.

Виклад основного матеріалу дослідження

Справді, сьогоднішній досвід вирішення проблем формування стратегії відродження сервісної інфраструктури в умовах повоєнної її адаптації до Європейських вимог, демонструє багато прорахунків і вимагає невідкладного і комплексного їх розгляду, при тому не лише науковцями. Справа в тому, що для визначення, наприклад, векторів розвитку та стратегії управління сервісною інфраструктурою в цілому (суб'єктами господарювання) у воєнний та повоєнний періоди необхідне формування відповідних організаційних механізмів і як правило, відбувається у відповідності до чинної нормативної та законодавчої бази, наявних державних стратегій з врахуванням загальної державної політики розвитку сервісної інфраструктури. Цей процес повинен передбачати врахування, у кожному випадку, галузевих та регіональних особливостей розвитку суб'єктів господарювання, стратегій регіонального розвитку та визначення у них конкретного місця того чи іншого виду обслуговування, сезонних чинників та ін.

Знову ж таки, як правило ці процеси повинні базуватися на даних вивчення особливостей її розвитку на усіх часових етапах, маємо на увазі, з врахування вітчизняного і зарубіжного досвіду функціонування сервісної інфраструктури в довоєнний та у воєнний періоди.

Такий підхід дозволяє здійснити виявлення розбіжностей у нормативній та законодавчій сферах між вітчизняними положеннями, які регламентують діяльність суб'єктів господарювання та положеннями, що регламентують діяльність суб'єктів господарювання в умовах сервісної інфраструктури держав Європейського Союзу. На основі отриманих результатів може відбуватися формування та обґрунтування концепції відродження сервісної інфраструктури в умовах об'єднаних територіальних громад. Це знову ж таки може відбуватися при умові врахування, у цих процесах, пропонованої нами парадигми формування стратегії розв'язання воєнно-оборонних проблем, можливих наслідків її реалізації (знищення, деформації, руйнування, та ін.), та обґрунтування відродження сервісної інфраструктури в т.ч. і в умовах територіальних громад (рис. 1.). (Схема адаптована з [10]).

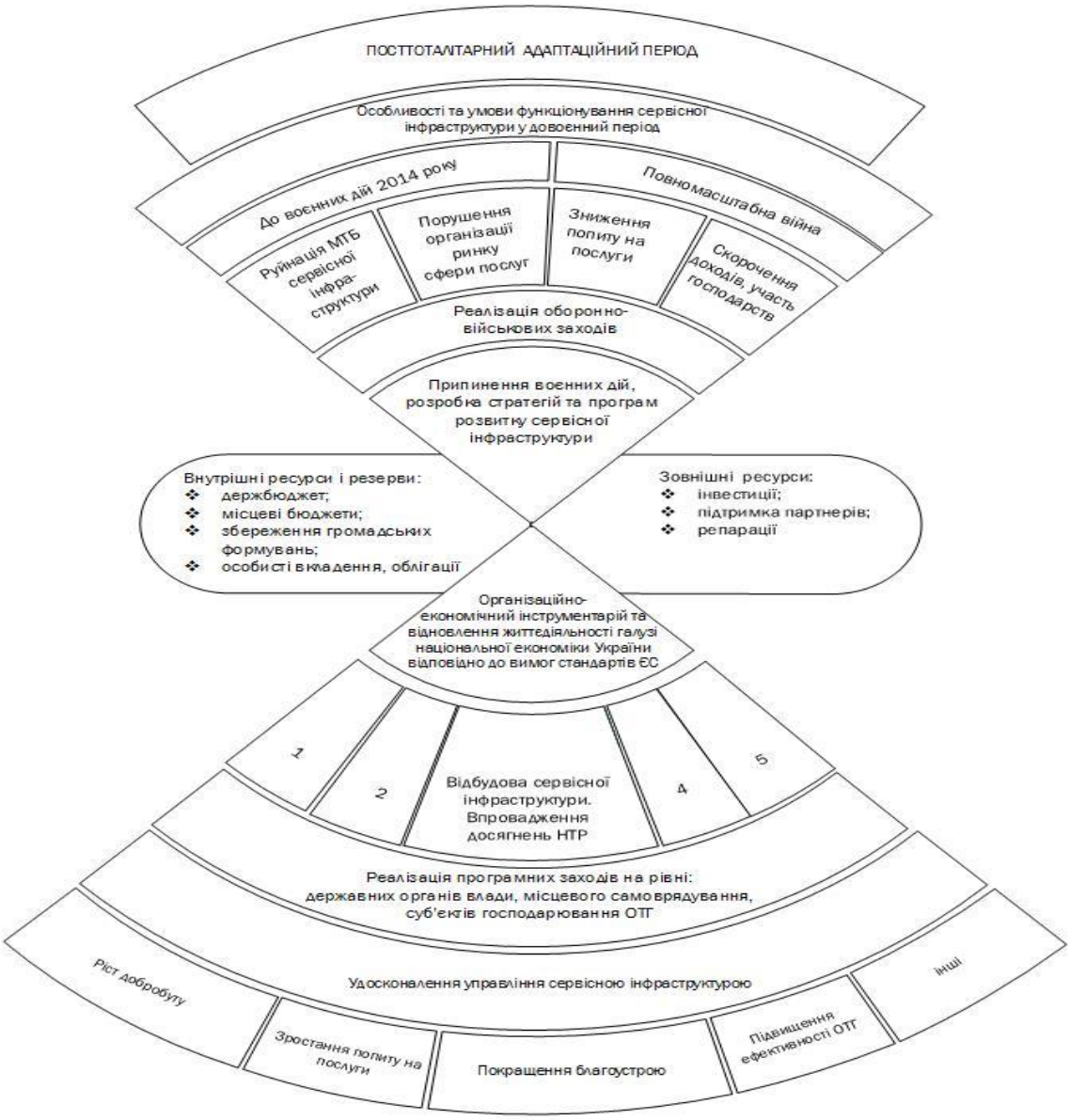


Рисунок 1 – Парадигма формування стратегії розв'язання воєнно-оборонних проблем та обгрунтування концепції відродження сервісної інфраструктури в умовах ОТГ

Як відомо вирішення означеної проблематики повинні обов'язково використовувати визнані наукові підходи, серед яких впровадження нової техніки, інноватика, розвиток новітніх технологій, що ґрунтуються на передових досягненнях науки і техніки, посилення, за рахунок ІТ технологій, ШІ, управлінських засобів та з метою повнішого задоволення запитів населення територіальної громади, враховувати громадську думку у плані відновлення повоєнної економіки та підготовки до вступу у ЄС та НАТО.

Тим часом необхідно враховувати, що вирішення цього завдання не матиме повноцінних результатів, якщо не враховуватиме прийнятих Конституцією України Європейських векторів розвитку нашої держави. Тому організаційний механізм реалізації державної стратегії управління сервісною інфраструктурою (суб'єктами господарювання) у воєнний та повоєнний періоди (див. представлену схему: «Організаційний механізм реалізації державної стратегії управління сервісною інфраструктурою…» «Око в Європейське майбутнє Українського сервісу» на рис. 2.),

повинен відбуватися з ієрархічним врахуванням умов адаптації діяльності у галузевих та регіональних програмах (зверху до низу, включаючи сервісні підприємства об'єднаної територіальної громади) відповідно вимог і стандартів Європейського Союзу.

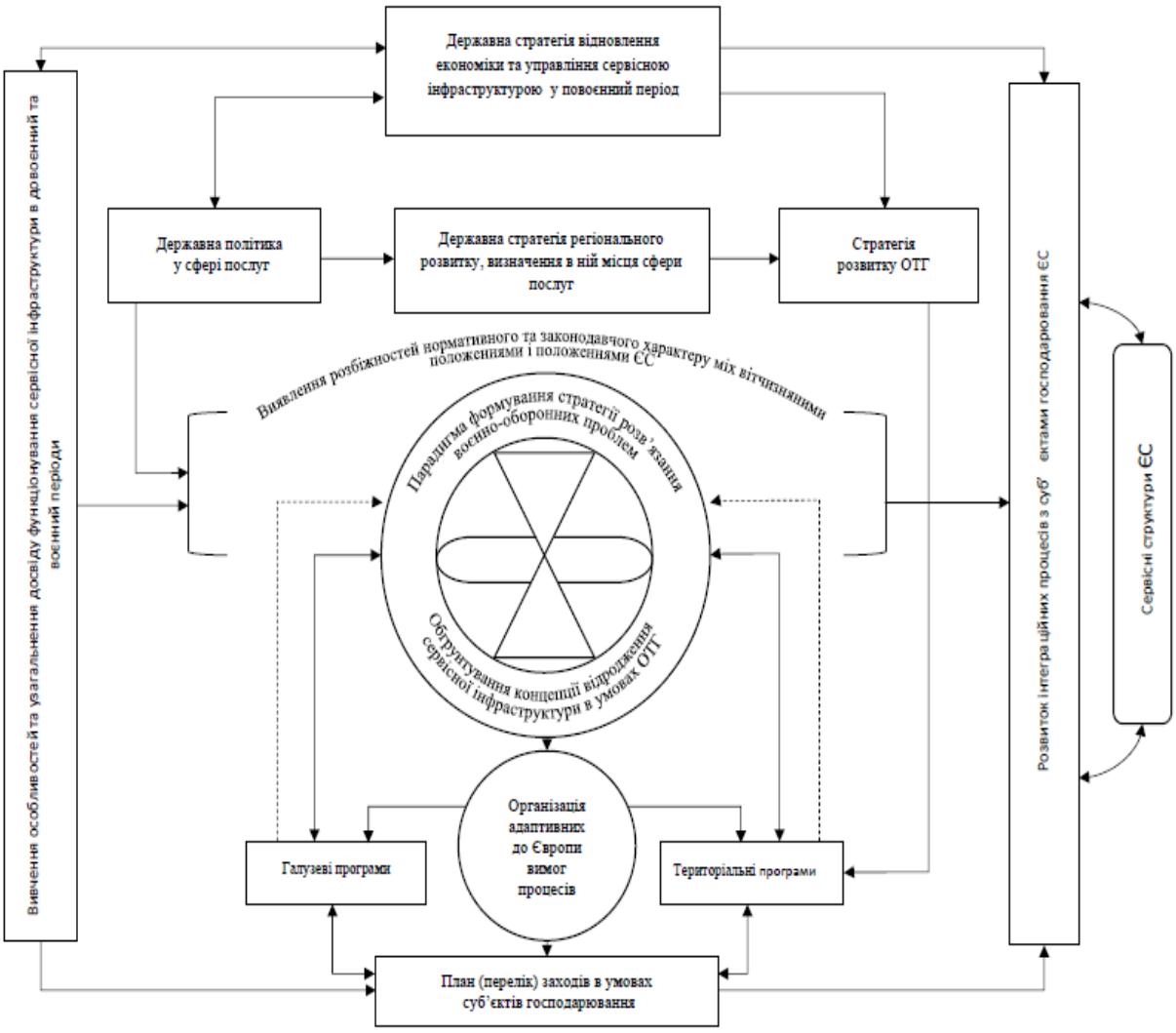


Рисунок 2 - Організаційний механізм реалізації державної стратегії управління сервісною інфраструктурою, суб'єктами господарювання, у воєнний та повоєнний періоди в умовах адаптації діяльності ОТГ відповідно вимог і стандартів ЄС (око в європейське майбутнє українського сервісу)

Безперечно організація адаптивних процесів повинна передбачати не лише техніко-технологічне оновлення сервісу, проведення гуманістично-моральних заходів, а і реалізацію спеціальних юридичних, економічних, техніко-технологічних, екологічних та інших навчальних програм, які передбачають шляхи, організаційно-економічні та інші механізми вирішення виявленої проблематики. Власне ці та інші заходи дозволять «запустити» Євроінтеграційні процеси у сфері сервісного обслуговування, залучити до них не лише вітчизняні, а і зарубіжні інвестиції та суттєво прискорити їх відновлення та активізацію.

Одна з ключових проблем підвищення ефективності роботи сфери послуг – недооцінка складнощів, пов'язаних не лише з подоланням командно-адміністративної системи, а і руйнацією війною її матеріально-технічної бази, характером відносин підчас

війни, які гальмують послідовну реалізацію Європейського вектору розвитку як елемент державної політики України у цій сфері і вимагають не лише критичного перегляду нормативної бази, а і визначення її особливостей, законодавчої бази, організаційної структури, ідеологічного підґрунтя та ін.

Звичайно що однією з причин, у цьому випадку ще виступають традиційно не лише пострадянська вседозволеність а і сучасна халатність вищого рівня у вирішенні сервісних проблем на нижчих рівнях.

Установлення відповідності чинного законодавства та структури управління вимогам сьогодення і зокрема ЄС у цій царині, визначення основних напрямів їх гармонізації, виділення соціально-психологічних чинників є істотним кроком на шляху підвищення ефективності державного управління у цій специфічні царині.

***Примітка**: Схема адаптована з [10].*

Нагальною потребою нашого суспільства є розробка організаційного механізму реалізації державної стратегії управління сервісною інфраструктурою орієнтованої на Європейську перспективу в основі якої були б засади: системності, історизму, соціальної детермінованості, критичне осмислення та творче застосування нагромадженого наукового знання в галузі управління, реалістична оцінка стану сервісної інфраструктури держави, визнання складності, взаємозумовленості та суперечливості обслуговуючих процесів; критичний аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду роботи, його адаптація до вимог ЄС в Україні з урахуванням традицій, осмислення позитивних і негативних сторін.

Необхідно сказати, що саме така практика, яка побудована на аналізі воєнної ситуації та кризових явищ дадуть змогу забезпечити ефективність тих чи інших новацій, нададуть інформаційний матеріал для виявлення нових тенденцій і потреб та вироблення відповідних рекомендацій вирішення проблем формування стратегії відродження сервісної інфраструктури в умовах повоєнної її адаптації до Європейських вимог.

Висновки

Отже, одним із центральних аспектів покращення управлінської діяльності відродження сервісної інфраструктури у повоєнний період є пошук нових напрямків його реформування, вироблення науково обґрунтованих рекомендацій у цій сфері суспільного життя. Перед усім запровадження сучасних засобів і технологій менеджменту, що опрацьовані Європейською та світовою практикою. Забезпечення висококваліфікованими, високосвідомими кадрами та ін.

Головною умовою успішної планомірної реалізації задуму є пропонована стратегія відродження сервісної інфраструктури в умовах повоєнної її адаптації до Європейських вимог, управлінських реформ та забезпечення сталого, гермінативного розвитку України у повоєнний період.

Результатом цього кроку повинне стати не лише підвищення ефективності державної служби, а й у цілому державного управління, якості та ефективності управлінських рішень.

Виходячи з вище викладеного, підвищення ефективності управління та реалізації означеної стратегії (відродження сервісної інфраструктури в умовах повоєнної її адаптації до Європейських вимог), може стати:

- створення чіткого правового та організаційно-економічного механізму відповідальності за ефективність реформаційних процесів, державних службовців, прозорість управління шляхом системного інформування про цілі та завдання установ, організацій, в яких вони працюють, та об’єктивне оцінювання виконаної роботи;

- налагодження конструктивної взаємодії державних органів влади, органів місцевого самоврядування з урахуванням науково обґрунтованих теорій і концепцій,

спрямованих на їх організаційну ідентифікацію та кінцеві ефективні результати діяльності сервісної інфраструктури;

- створення відповідної матеріальної і моральної зацікавленості у якісному виконанні професійних обов'язків.

Вирішення викладених завдань є об'єктивною необхідністю і потребує координації зусиль як державних службовців, відповідних структурних підрозділів, політиків, громадськості, так і спеціалізованих наукових закладів. Вирішення проблем формування стратегії відродження сервісної інфраструктури в умовах повоєнної її адаптації до Європейських вимог, повинна передбачати розробку цілісної науково-технічної програми, яка має стати основою для визначення напрямів реалізації державної політики у цій сфері. Багатоаспектність функцій управління і завдань органів державної влади актуалізують необхідність отримання високопрофесійної підготовки та підвищення кваліфікації відповідно до потреб економічного та соціального розвитку нашої держави відповідно до концепції вступу України до ЄС. Між тим набуття керівництвом рис порядності, професіоналізму, патріотизму – складний процес, що вимагає уникнення надмірної заполітизованості кадрових призначень, квотних принципів та традиційної лояльності, що, як відомо, призводить до відвертого обслуговування посадовцями корпоративних інтересів, корупційних проявів і як наслідок дискредитації інститутів державної служби та служб в органах місцевого самоврядування.

Основними принципами повинні виступати: професійність і компетентність, справедливість і правда, обґрунтованість та об'єктивність. Запропоновані заходи дозволять «запустити» євро-інтеграційні процеси у сфері сервісного обслуговування, залучити до них не лише вітчизняні, а і зарубіжні інвестиції та суттєво прискорити їх відновлення та активізацію в повоєнний період.

Література

1. Андрушків Б.М., Кирич Н.Б., Ратинський В.В. ін. Аналітика соціо-інформаційного розрізу економічних та воєнно-оборонних проблем в Україні на сучасному етапі. Вісник економічної науки України Науковий журнал 2022 № 1 (42) С. 114-120.
2. Андрушків Б., Романська І. Маргіналізація і глобальні небезпеки економіки. Матеріали 15-ої наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 14-15 грудня 2011 р. Тернопіль: ТНТУ, 2011. С. 247.
3. Андрушків Б., Грушко В. Зміни парадигм розвитку економіки, панівних форм капіталу та нові виклики сучасних трансформацій. Соціально-економічні проблеми і держава. 2020. Вип. 2 (23). С. 34–45. DOI: https://doi.org/10.33108/sepd2020.02.034
4. Конституція України. Голос України. 1996. 27 лип. № 138.
5. Кирич Н.Б., Андрушків Б.М. Погайдак О.Б. Гібридна війна як метод реалізації агресивних планів. Галицький економічний вісник. №4 (47) 2014. 57-69 с.
6. Указ Президента України «Про підвищення ефективності системи державної служби» від 11 лютого 2000 р. № 208. Вісник держ. служби України. 2000. № 1. С. 15–16.
7. Цільова комплексна програма реформування системи підготовки кадрів для державної служби, підвищення кваліфікації державних службовців та формування кадрового резерву. URL: http://www.president.gov.ua
8. Ратинський В.В. «Управління сервісними підприємствами в умовах добровільного об'єднання територіальних громад». Тернопіль: ТДТУ ім. І. Пулюя, 2019. Том 1. 352 с.

9. Ратинський В.В. «Управління сервісними підприємствами в умовах добровільного об'єднання територіальних громад». Тернопіль: ТДТУ ім. І. Пулюя, 2022. Том 11. 324 с.
10. Ратинський В.В. Управління сервісною інфраструктурою в умовах добровільного об'єднання територіальних громад (аспекти повоєнного відродження торгівельно-побутових підприємств.) Тернопіль: ТДТУ ім. І. Пулюя, 2023. 507 с.
11. Стратегія державної кадрової політики – основа модернізації країни: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції за міжнародною участю. Київ, 31.05.2012 р. URL: http://academy.gov.ua/NMKD/library_nadu/Zbirnyk_NADU/ec023ca0-6dd1-473f-ab33-15ac8aefad22.pdf References. 1. Verkhovna Rada of Ukraine (2015), The Law of Ukraine "On the civil service", available at
12. Матеріали X1 Всеукраїнської науково-практичної конференції пам'яті почесного професора Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, академіка НАН України М.Г. Чумаченка: «Наука, інновації бізнес: проблеми перспективи і сьогочасні тренди розвитку» (26 травня 2023 р) Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. 137 с.

ORGANIZERS

Khmelnytsky National University

Kazimierz Wielki University

www.dialogi2024.ukw.edu.pl

The project entitled "Ukrainian-Polish scientific dialogues" was co-financed under the programme of the Ministry of Science and Higher Education called "Excellent Science II" within the module Support for scientific conferences. Funding value: PLN 116,985.00, total value: PLN 164,985.00.