

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЗАХАРКЕВИЧ ОКСАНА ВАСИЛІВНА

УДК 687.016.5:004.891.2

**РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ГНУЧКОСТІ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ
ПІДГОТОВКИ ШВЕЙНОГО ВИРОБНИЦТВА
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ**

**Спеціальність 05.18.19 – технологія текстильних
матеріалів, швейних і трикотажних виробів**

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

ХЕРСОН – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Хмельницькому національному університеті (м. Хмельницький) Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Славінська Алла Людвигівна,
Хмельницький національний університет
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри технології
та конструювання швейних виробів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Чепелюк Олена Валеріївна,
Херсонський національний технічний університет
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри дизайну;

доктор технічних наук, професор
Березненко Сергій Миколайович,
Київський національний університет технологій
та дизайну Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри технології та конструювання
швейних виробів;

доктор технічних наук, професор
Пелик Леся Василівна,
Львівський торговельно-економічний університет
Центральної спілки споживчих товариств
України, завідувач кафедри товарознавства
непродовольчих товарів.

Захист відбудеться «__» _____ 2018 р. о ____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 67.052.02 в Херсонському національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України за адресою: 73008, м. Херсон, Бериславське шосе, 24, корпус 1, ауд. 223.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Херсонського національного технічного університету за адресою: м. Херсон, Бериславське шосе, 24, корпус 1 та на сайті <http://www.kntu.net.ua/ukr/content/view/full/32583>.

Автореферат розісланий «__» _____ 2018 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



Н.С. Субботіна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним із пріоритетних завдань швейної галузі України є забезпечення конкурентоздатності виробів на внутрішньому і зовнішньому ринках при суттєвих зниженнях трудовитрат на етапі конструкторсько-технологічної підготовки виробництва. При цьому проблема цілеспрямованого формування асортиментних груп одягу спорідненого призначення, адекватних відповідному спектру потреб споживачів і сучасним технологіям переорієнтації виробництва, набула особливої гостроти. Концепція типового проектування для підвищення мобільності асортименту в умовах підприємства потребує нових підходів до встановлення структурно-інформаційних зв'язків перетворення ознак функціонального призначення виробу на рівні конструкції, пакета матеріалів, технології оброблення.

Механізм гнучкого регулювання асортиментної політики підприємства із застосуванням можливостей інтелектуальних автоматизованих систем у вигляді експертних систем передбачає типологічний підхід до формалізації об'єктів проектування з використанням принципів трансформації. Особливостям трансформації в галузі проектування та експлуатації одягу присвячені роботи Славінської А.Л., Шамухитдінової Л.Ш, Остапенко Н.В., Пашкевич К.Л., Коо Н. та ін. Проблеми розробки об'ємних форм виробів різного асортименту розглянуті у працях Кузьмічова В.С., Раздомахіна М.М. та ін. Проектування гнучких потоків відображено Гордєєвою Т.А., Мокеєвою Н.С., Муригіним В. Є. Особливості роботи експертних систем у процесах конструкторської підготовки виробництва відображені у роботах Колосової Е.С., Santos M., Chang K. P. Проте більшість робіт ґрунтуються на дослідженнях конкретних видів асортименту.

Відсутність науково-обґрунтованих принципів інтелектуальної підтримки творчого процесу евристичного проектування одягу, недостатність методологічного забезпечення типізації поліваріантних конструктивно-технологічних різновидів одягу не дозволяють забезпечити гнучкість конструкторсько-технологічної підготовки виробництва. Тому проблема автоматизації процедур проектування асортиментних груп на основі типологічних рядів є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана відповідно до напрямку наукових досліджень кафедри технології і конструювання швейних виробів Хмельницького національного університету (ХНУ) «Розробка нових і альтернативних методів проектування й технології виготовлення високоякісного одягу в умовах інтенсифікації виробництва» (рішення НТР ХНУ протокол № 4 від 30.11.2011 р.). Дисертацію виконано відповідно до держбюджетної теми 6Б-2017 «Розвиток принципів евристичного проектування одягу для розробки прототипу експертної системи гнучкої переорієнтації швейного виробництва» (номер держресстрації 0117U003889), яка реалізується у Хмельницькому національному

університеті у 2017–2019 рр. Особистий внесок дисертанта полягає в науковому обґрунтуванні типологічного підходу до формування асортименту на засадах трансформації базових конструкцій, формуванні структури та наповненні бази знань експертної системи гнучкої переорієнтації швейного виробництва.

Мета і завдання дослідження. Метою є розвиток наукових основ забезпечення гнучкості конструкторсько-технологічної підготовки швейного виробництва для підвищення конкурентоздатності продукції із застосуванням експертних систем.

Для досягнення поставленої мети в роботі були сформульовані і вирішені наступні завдання:

- аналіз напрямів застосування евристичних прийомів у процесах типового проектування одягу з використанням експертних систем;
- розробка теоретичних основ формування схеми трансформації асортиментних груп у формі типологічних рядів;
- обґрунтування принципів евристичного проектування підмножин типологічного ряду на основі ланцюгів перетворення;
- розробка методичних основ забезпечення гнучкості конструкторсько-технологічної підготовки виробництва з використанням технології багатоальтернативного проектування різновидів виробів;
- дослідження морфологічних перетворень конструктивно-технологічних рішень функціональних вузлів різновидів виробів ланцюгів;
- удосконалення бази знань і розробка прототипу експертної системи гнучкої переорієнтації швейного виробництва;
- експериментальна перевірка та апробація результатів досліджень.

Об'єкт дослідження – процес забезпечення гнучкості конструкторсько-технологічної підготовки швейного виробництва із застосуванням експертних систем.

Предмет дослідження – конструкторсько-технологічна підготовка виробництва різновидів швейних виробів.

Методи досліджень. Для вирішення поставлених завдань використані: методи кластерного і факторного аналізів для формування структурно-логічної схеми типологічного ряду; морфологічного аналізу для розробки технології багатоальтернативного проектування; методів чисельного розв'язання рівнянь та систем лінійних рівнянь для розробки математичних моделей неоднорідного масштабування. Експериментальні дослідження проведено з використанням дослідних макетів, методів імітаційного моделювання у середовищі прикладного пакета Arena, а також методів тривимірного проектування віртуальних моделей у «Rhinoceros» та «JuliviClo3D». Для побудови конструкцій виробів жіночого верхнього одягу використано підпрограми САПР «Julivi» та «Грация». Обробку експериментів виконано у програмах Microsoft Excel, PASW Statistic. Для створення прототипу експертної системи використано оболонку «Рапана».

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розвитку наукових основ забезпечення гнучкості конструкторсько-технологічної підготовки швейного виробництва із застосуванням експертних систем, що дає можливість підвищення конкурентоздатності продукції. При цьому:

вперше:

- теоретично обґрунтовано концепцію забезпечення гнучкості конструкторсько-технологічної підготовки швейного виробництва, що передбачає формування ланцюгів типологічних рядів з урахуванням морфологічних перетворень конструктивно-технологічних ознак верхнього одягу;

- науково обґрунтовано принцип універсальності евристичного проектування виробів ланцюгів перетворення в межах типологічного ряду, що забезпечує формування продукційної моделі бази знань автоматизованої системи з елементами штучного інтелекту для функціонування в галузі швейного виробництва;

- отримані математичні моделі залежностей впливу ведучих розмірних ознак та прибавок на величину коефіцієнтів масштабування конструкцій, що дозволило застосувати операції неоднорідного масштабування для отримання конструкцій різних видів виробів;

- розроблена імітаційна модель процесу конструкторської проробки ланцюга перетворення модельних рішень одягу, на основі якої отримані залежності коефіцієнтів завантаженості конструкторів від умов виробництва, що дозволяють оптимізувати роботу конструктора в умовах швидкої зміни проектних ситуацій;

- удосконалено: модифікований метод морфологічного аналізу для розробки технології багатоальтернативного проектування одягу на основі ланцюгів перетворення, що дозволяє визначати напрям гнучкої переорієнтації швейного виробництва у проектній ситуації, яка задана умовами виробництва, тенденціями моди, попитом, сезонними коливаннями на ринку швейних виробів;

дістали подальшого розвитку:

- систематизація існуючих підходів до побудови універсальної конструкції виробів типологічного ряду, яка полягає у визначенні оптимальних параметрів сегментів деталей відповідно до конструктивно-технологічного рішення трансформуючого вузла, виду і засобу трансформації. Це дозволило автоматизувати процес визначення змісту технологічних послідовностей обробки трансформуючих вузлів на основі типової структури їх конструктивно-технологічних рішень;

- методи визначення параметрів функціональних вузлів (кишень, плечових накладок, капюшонів) залежно від розмірних ознак, що дозволили формалізувати побудову креслень деталей виробів нетипового асортименту.

Практична значимість роботи полягає у тому, що в ній розроблено:

- структуру «Бази даних трансформуючих елементів», що містить три модулі: конструкція виробу, пакет матеріалів, методи обробки;

- прототип експертної системи гнучкої переорієнтації виробництва жіночого плечового верхнього одягу на основі пустої оболонки експертної

системи «Рапана», що складається із підсистем вибору ланцюга перетворення, вибору універсальної базової конструкції, параметрів конструкції виробів ланцюга та параметрів функціональних вузлів, а також вибору матеріалу;

- спосіб отримання конструкцій різних видів одягу операціями неоднорідного масштабування, що реалізований у середовищі САПР «Julivi»;

- спосіб побудови віртуальної форми виробу жіночого плечового верхнього одягу операціями неоднорідного масштабування у середовищі графічного редактора тривимірної графіки «Rhinosceros»;

- комп'ютерну програму «Scale factor» для автоматизації розрахунку коефіцієнтів масштабування при використанні способу масштабування лекал, новизна якої підтверджена авторськими свідоцтвами 59320, 62897, 64956 України;

- каталог конструктивно-технологічних рішень кишень двобічних виробів;

- уніфіковані схеми побудови конструкцій плечової накладки та спільної підкладки кишень у двобічних виробках;

- технологічні послідовності обробки трансформуючих вузлів у типологічних рядах;

- методику визначення параметрів шорсткості текстильних матеріалів, новизна якої підтверджена авторським свідоцтвом 62901 України;

- спосіб оцінки повноти функціонального використання деталей виробу-трансформера, новизна якого підтверджена авторським свідоцтвом 54395 України.

Результати дисертації впроваджено у освітній процес кафедри технологій та конструювання швейних виробів ХНУ при підготовці студентів спеціальності 182 «Технології легкої промисловості». Результати досліджень апробовано з позитивним результатом на підприємствах ТзОВ «Хмельничанка», м. Хмельницький (акт виробничої апробації від 15.03.2018 р.), ПРАТ «Едельвіка», м. Луцьк (акт виробничої апробації від 12.04.2018 р.), ПП «Сіріус», м. Хмельницький (акт виробничої апробації від 21.02.2018 р.).

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні теми, вирішенні і узагальненні теоретичних та експериментальних завдань дисертаційної роботи. За безпосередньої участі автора виконано теоретичні та експериментальні дослідження, розвинуто наукові основи розробки типологічних рядів та впроваджено конструктивно-технологічні рішення виробів-трансформерів. Безпосередньо автором виконано формування бази даних і бази знань експертної системи. Авторів належать основні ідеї опублікованих праць, отриманих авторських свідоцтв, а також аналіз та узагальнення результатів роботи.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати роботи доповідались на щорічних наукових конференціях професорсько-викладацького складу ХНУ (2008–2017 рр.); на всеукраїнських наукових конференціях молодих вчених та студентів м. Київ, КНУТД (2007, 2009, 2011–2013 рр.); на всеукраїнських науково-практичних Інтернет-конференціях молодих вчених та студентів «Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості», м. Хмельницький (2013–2017 рр.); на регіональній науково-практичній конференції «Сучасні технології в легкій промисловості

та сервісі». м. Хмельницький, ХНУ (2010 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції за участю іноземних вчених «Сучасні технології в легкій промисловості та сервісі», ХНУ (2011 р.); Всеукраїнській науковій конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Перспективи розвитку легкої промисловості», Луцьк, (2011 р.); на Міжнародних наукових конференціях «IV (VI, VII) Україно-польські наукові діалоги», (2011 р., 2015 р., 2017 р.); на Міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток країн в умовах глобалізації: технологічні, економічні, соціальні та екологічні проблеми», м. Тернопіль (2012 р.); на IX, XI, XII та XIII міжнародних конференціях «Стратегія якості у промисловості і освіті», Болгарія, м. Варна (2013 р., 2015–2017 р.); Міжнародній Інтернет-конференції «Сучасні тенденції розвитку промисловості», м. Хмельницький (2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 20-й річниці створення Мукачівського державного університету «Актуальні проблеми наукового й освітнього простору в умовах поглиблення євроінтеграційних процесів» (2015 р., м. Мукачєво); International conference Tex Teh 7, Creating the Future of Textiles (Бухарест, жовтень 2015 р.), International Conference on Education in Mathematics, Science & Technology (Bodrum, Turkey, 2016); International Conference on Technics, Technologies and Education (Yambol, Bulgaria, 2017).

Дисертація доповідалась повністю і здобула позитивну оцінку на розширеному науковому семінарі кафедри технології та конструювання швейних виробів Хмельницького національного університету (м. Хмельницький, 2018 р.) та міжкафедральному науковому семінарі Херсонського національного технічного університету (м. Херсон, 2018 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 70 робіт, у тому числі: 1 навчальний посібник з грифом МОН, 1 навчальний посібник з грифом Вченої ради ХНУ, 2 статті у журналах, що індексуються у Scopus, 4 статті у фахових виданнях інших держав, 14 наукових статей у фахових виданнях України, 3 статті в інших виданнях України, 8 публікацій у матеріалах зарубіжних конференцій, 5 авторських свідоцтв, 2 статті у колективних монографіях, 30 тез доповідей на конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Основна частина дисертації містить 262 сторінки друкованого тексту, 119 рисунків, 119 таблиць. Обсяг анотації складає 28 сторінок. Повний обсяг дисертації – 518 сторінок, у тому числі: список використаних джерел із 342 найменувань на 32 сторінках та 8 додатків на 148 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання дисертаційної роботи, охарактеризовано об'єкт та предмет досліджень, висвітлено наукову новизну і практичне значення роботи.

У *першому розділі* проаналізовані евристичні підходи до типізації процесів проектування і виготовлення швейних виробів з урахуванням напрямів формування експертних систем (ЕС) у швейній галузі. Встановлено, що методи евристичного проектування дозволяють значно спростити складні системи, виявити зв'язки і використати математичні методи дослідження, що є передумовою формування правил функціонування ЕС. Для визначення напрямів типізації процесів проектування одягу обґрунтована необхідність систематизації бази даних (а саме: конструкція виробу, пакет матеріалів, методи обробки) з позицій функціональної спорідненості виробів асортиментної групи з використанням проектних процедур трансформації як для окремих асортиментних одиниць, так і для асортиментної групи конструктивної категорії виробу. Доведена доцільність досліджень віртуальних макетів виробів у середовищі графічного редактора 3D-проектування Rhinoceros. Для експериментальної перевірки результатів досліджень у віртуальному середовищі обрано підсистему «JuliviClo3D».

Виявлено, що використання ЕС вже на етапі прийняття рішень, пов'язаних з асортиментною політикою підприємства, дозволить забезпечити гнучкість конструкторсько-технологічної підготовки.

В *другому* розділі виконано теоретичне обґрунтування математичного опису структурно-інформаційних зв'язків концепції мобільності асортименту на основі використання засобів функціональної трансформації конструкції виробу. При цьому сукупність видів виробів однієї конструктивної категорії формується на основі типологічних, історично складених змін вихідного різновиду одягу у інші, що описується формулою Монтелиуса. Критерії безперервності типологічного ряду представлені записом:

1. $ABCD-BCDE-CDEF$,
2. $ABC_1-ABC_2-ABC_3$,

де A, B, C, D, E, F – константні елементи, що складають об'єкти типологічного ряду; C_1, C_2, C_3 – варіантні елементи.

Це дозволило складну систему різновидів виробів, при збереженні ознаки належності до асортиментної групи, проте різних силуетних форм і зовнішнього вигляду, об'єднати у типологічний ряд шляхом використання обох критеріїв безперервності:

$$((ABC_1D_1\dots)-(ABC_2D_2\dots)\dots-(ABC_nD_n\dots))-((BCD_1E_1\dots)-(BCD_2E_2\dots)\dots-(BCD_iE_i\dots))-((CDE_1F_1\dots)-(CDE_2F_2\dots)\dots-(CDE_kF_k\dots)), \quad (2)$$

де A, B, C, D, E, F – типові деталі виробів; n, m, i, j, k, l – кількість можливих варіантних конструктивно-технологічних рішень (КТР) деталей виробів.

Розробку типологічних рядів швейних виробів здійснено методами кластерного аналізу, які закладені у PASW Statistics. В якості показників для виконання кластеризації обрано номінальні ознаки зовнішнього вигляду виробів, які представлені асортиментними кодами представників віртуальної множини різновидів виробів.

Кожен код є кортежем із 14 змінних $X = (a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}, a_3, a_4, a_5, a_{61}, a_{62}, a_7, a_{81}, a_{82}, a_{91}, a_{92})$ (табл. 1). Зменшення кількості змінних виконано факторним аналізом. В результаті, виділено 5 компонент, у які об'єднані ознаки жіночого верхнього плечового одягу: силует, розташування застібки, пояс, кишені, засоби застібання. Назви компонент відповідають назвам змінних з найвищими факторними навантаженнями (табл. 1).

Матриця повернутих компонент

ОККР	Змінна	Альтернативні рішення	Компонента				
			1	2	3	4	5
Силует	a_1	a_{11}	0,908	0,195	0,045	-0,007	0,163
		a_{12}	0,873	0,142	0,040	0,084	0,205
Довжина	a_3	a_3	0,652	-0,215	0,310	0,024	-0,365
Комір	a_2	a_{21}	0,628	0,490	-0,089	0,485	0,001
		a_{22}	0,606	0,447	-0,050	0,534	-0,063
Розташування застібки	a_6	a_{61}	0,167	0,943	0,124	-0,061	-0,023
		a_{62}	0,112	0,930	0,193	-0,042	-0,001
Пояс	a_9	a_{91}	0,145	0,150	0,928	0,124	-0,014
		a_{92}	-0,007	0,138	0,921	0,199	0,032
Кишені	a_4	a_4	-0,081	0,113	0,239	0,792	-0,196
Вид застібки	a_7	a_7	0,243	-0,167	0,170	0,654	-0,178
Покрій рукава	a_5	a_5	0,042	-0,154	0,014	0,504	-0,406
Засоби застібання	a_8	a_{81}	0,034	-0,103	-0,180	-0,004	0,749
		a_{82}	0,157	0,023	0,279	-0,063	0,739

Для завдань кластеризації множина X різновидів одягу представлена як:

$$X = (F_1, F_2, F_3, F_4, F_5), \quad (3)$$

де $F_1 = f(a_{11}, a_{12}, a_3, a_{21}, a_{22})$; $F_2 = f(a_{61}, a_{62})$; $F_3 = f(a_{91}, a_{92})$; $F_4 = f(a_4, a_7, a_5)$; $F_5 = f(a_{81}, a_{82})$.

Мірою подібності між об'єктами для виконання кластерного аналізу множини різновидів виробів обрана евклідова відстань $\rho(Xp, Xq)$:

$$\rho(Xp, Xq) = \sqrt{(F_{p1} - F_{q1})^2 + (F_{p2} - F_{q2})^2 + (F_{p3} - F_{q3})^2 + (F_{p4} - F_{q4})^2 + (F_{p5} - F_{q5})^2}, \quad (4)$$

де Xp, Xq – різновиди виробів із умовними номерами p, q , відповідно; $F_{p1}, F_{p2}, F_{p3}, F_{p4}, F_{p5}$ ($F_{q1}, F_{q2}, F_{q3}, F_{q4}, F_{q5}$) – уточнені значення характеристик конструктивно-композиційних рішень різновидів виробів з умовними номерами $p(q)$, відповідно.

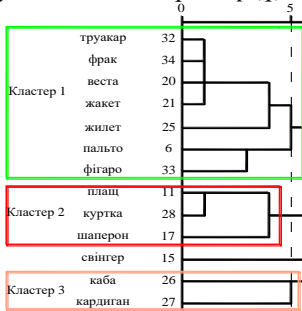


Рис. 1. Виділення кластерів на дендрограмі методом міжгрупових зв'язків (фрагмент)

У результаті кластеризації отримано 7 дендрограм (рис. 1). На дендрограмі різновиди одягу розміщені на ієрархічних рівнях за ознакою їх взаємної спорідненості. За шкалою масштабованої відстані на дендрограмі визначена належність видів виробів до одного кластера на рівні 5, що забезпечує 80 % подібності об'єктів.

Формування структурно-логічної моделі трансформації типологічного ряду (рис. 2) виконано за принципом перетворення графа понять (побудованого за інформацією з дендрограм) у ярусно-паралельну форму.

Незалежність різновидів, що належать одному ярусу, дозволяє забезпечити паралельність розгляду можливих напрямів трансформації. Розроблений алгоритм введення нового різновиду виробу до структурно-логічної моделі трансформації типологічного ряду базується на розрахунку евклідової відстані між новим різновидом та різновидами, які належать типологічному ряду.

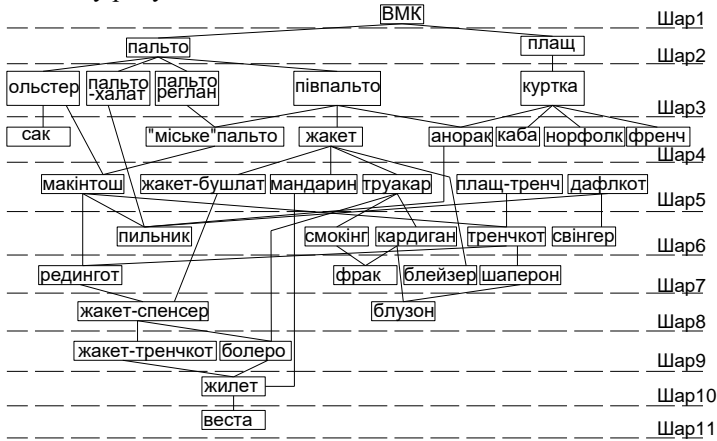


Рис. 2. Структурно-логічна модель трансформації типологічного ряду

Знаходження ланцюга перетворення із одного виробу в інший з найменшою кількістю проміжних перетворень, зводиться до розв'язку задачі пошуку найкоротшого шляху між двома вершинами у структурно-логічній моделі трансформації типологічного ряду за допомогою алгоритму Флойда. Результатом виконання алгоритму Флойда є конкретний ланцюг перетворення і його довжина (табл. 2). Загальна номенклатура ланцюгів перетворення містить 598 найменувань.

Таблиця 2

Фрагмент номенклатури ланцюгів перетворення

Вихідний виріб	Трансформований виріб	Ланцюг перетворення					Довжина шляху	Кількість виробів у ланцюгу			
		Код	Назва	Назва							
Код	Назва			B1	B2	B3	B4	B5			
1	Анорака	2	Дафлкот	1-2	Анорака	Дафлкот			1	2	
		
		14	Сак	1-9-3-5-14	Анорака	Пальто-халат	Макінтош	Ольстер	Сак	4	5
		15	Свінгер	1-2-15	Анорака	Дафлкот	Свінгер			2	3

У результаті рішення задач антагоністичних матричних ігор у змішаних стратегіях, сформовані оптимальні стратегії синтезу ланцюгів перетворення модельних рішень різновидів виробів. Шляхом групування двох видів об'єктів з одночасною оптимізацією двох цільових функцій

сформовано шість блоків ланцюгів перетворення. У згорнутому вигляді взаємозв'язки між моделями різновидів виробів всередині кожного з блоків ланцюгів перетворень представлені псевдографом (рис. 3).

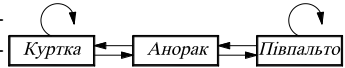


Рис. 3. Взаємозв'язки всередині блоків ланцюгів перетворень модельних рішень

Аналіз оптимальних стратегій синтезу ланцюгів перетворення показав, що для одночасного досягнення заданого рівня уніфікації та різноманітності моделей у ланцюгу перетворення не доцільно використовувати більше двох модельних рішень куртки чи півпальта, при цьому їх альтернативні рішення з'являються із однаковою ймовірністю.

Зміни різновидів одягу усередині ряду розглянуті на нескінченно малому проміжку часу $t \rightarrow 0$, проте $t \neq 0$. Якщо $t = 0$, то вираз (2), який описує властивості типологічного ряду, перетворюється у вираз (5), що описує склад константних і варіантних елементів виробу-трансформера:

$$\begin{aligned} & ((ABC_1D_1\dots)Y(ABC_2D_2\dots)Y\dots Y(ABC_nD_n\dots))Y((BCD_1E_1\dots)Y \\ & (BCD_2E_2\dots)Y\dots Y(BCD_jE_j\dots))Y((CDE_1F_1\dots)Y(CDE_2F_2\dots)Y\dots Y \\ & (CDE_kF_k\dots))\dots = AB(C_1\dots C_n)(D_1\dots D_d)(E_1E_e)(F_1\dots F_l)\dots, \end{aligned} \quad (5)$$

де A, B, C, D, E, F – деталі виробів;

n, m, i, j, k, l, d, e – кількість можливих варіантів КТР деталей виробів; $d = \max(m, i)$; $e = \max(k, j)$.

Умовний запис кожної трансформи прямо залежить від використаного принципу трансформації деталі конструкції. Математичний опис типологічного ряду (формула (2)) є формальним виразом проектного мислення, а опис виробу-трансформера (вираз (5)) представляє трансформацію деталей виробу на етапі експлуатації.

Взаємозв'язки «надсистема–система–підсистема» в межах типологічного ряду представлені у вигляді графічної моделі. Фрактальність моделі свідчить, що для дослідження закономірностей проектування типологічного ряду достатньо розглянути ланцюги перетворення, які представлені підмножинами виробів-трансформерів.

У *третьому* розділі розглянуті принципи евристичного проектування підмножин типологічного ряду на основі ланцюгів перетворення.

За основний принцип евристичного проектування вибрано принцип універсальності. Виявлено, що множина універсальних параметрів може і має бути отримана для кожного із об'єктів уніфікації, які складають технічну структуру виробу. Базовим асортиментом для асортиментної групи жіночого плечового верхнього одягу обрано пальто (за ключовим визначенням конструктивної категорії «тип пальта»). Технічна структура пальта є повною комбінацією конструктивних частин, які покривають основні ділянки тіла, і містить: конструкцію стану (покриває грудну клітку), конструкцію рукава (верхні кінцівки), конструкцію капюшона

(голову), та коміра (шия). До технічної структури виробу віднесено функціональні вузли оформлення застібки, кишень, плечового поясу, які є визначальними у перетвореннях типологічних рядів. Формальний опис різновиду виробу характеризується набором константних (типові деталі виробів асортименту) і варіантних (геометричні параметри різновиду виробу) елементів. Якщо константні елементи використовуються більше, ніж в одному різновиді виробів, вони є універсальними:

$$S = B \cap A \cap \dots \cap C = \{x | a < x < b\} \cap \{x | c < x < d\} \cap \dots \cap \{x | f < x < g\}, \quad (6)$$

де S – множина, що представляє область спільних значень властивостей об'єктів; B, A, C – множини властивостей об'єктів; a, c, f – мінімальне значення рекомендованого діапазону показника окремої властивості для множини $B (A, C)$, відповідно; b, d, g – максимальне значення рекомендованого діапазону показника тієї ж властивості для множини $B (A, C)$, відповідно.

Перетворення різновидів одягу із одного в інший виконується за рахунок перестановки елементів, тому для проектування конкретного ланцюга доцільно обрати спільний матеріал верху, який з достатнім рівнем якості забезпечує вимоги до всіх різновидів виробів, що складають ланцюг. Текстологічним методом обрано 16 показників властивостей матеріалів: коефіцієнт змиальності ($X1$), число пілей ($X2$), число циклів стирання по площині ($X3$), зміна лінійних розмірів після мокрих обробок ($X4$), повітропроникність ($X5$), залишкова деформація ($X6$), жорсткість при згині ($X7$), водотривкість ($X8$), водопроникність ($X9$), сумарний тепловий опір ($X10$), ступінь стійкості фарбування до фізико-хімічних впливів ($X11$), розривальне навантаження ($X12$), обсипальність ($X13$), гладкість ($X14$), паропроникність ($X15$), гігроскопічність ($X16$).

Визначення коефіцієнтів вагомості виконано шляхом експертної оцінки (коефіцієнт конкордації $\omega = 0,6$ критерій Пірсона $\chi^2_{роз} = 64,85 > \chi^2_{кр} = 19,68$). Комбінації груп матеріалів дозволили сформувати 11 груп, для яких складені списки властивостей матеріалів ланцюгів перетворень, що містять задані види виробів (табл. 3).

Таблиця 3

Вагомі показники властивостей матеріалів ланцюгів перетворень видів виробів (фрагмент)

Група тканин	Вид виробу	Кількість видів виробів	Наявність вивертання	Вагомі показники властивостей
костюмні-плащові-пальтові	жакет-плащ-пальто	3	–	X1, X3, X4, X9, X10
	жакет-куртка-пальто	3		
	жакет-куртка-плащ-пальто	4		

Для дослідження параметрів шорсткості тканин використано графічний редактор Rhinoceros, до панелі інструментів якого внесено кнопку «Roughness» (рис. 4).

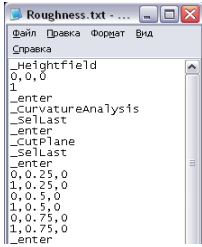
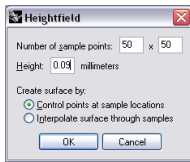
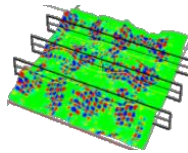


Рис. 4. Текстовий файл скрипту операції «Roughness» для лівої кнопки миші



а



б



в

Рис. 5. Виконання операції «Roughness» у Rhinoceros: а) введення товщини тканини (в мм); б) нанесення нормальних профілів на поверхню; в) нормальні профілі

Параметри універсальної БК стану виробів типологічного ряду однозначно визначаються як перетини сімейств множин:

$$\bigcap_{g \in G} S_g = \{Pz \mid \forall g \in G, a_g < Pz < b_g, Pz \in S_g\}, \quad (7)$$

$$\bigcap_{t \in T} S_t = \{Pm \mid \forall t \in T, a_t < Pm < b_t, Pm \in S_t\}, \quad (8)$$

$$\bigcap_{c \in C} S_c = \{Pc \mid \forall c \in C, a_c < Pc < b_c, Pc \in S_c\}, \quad (9)$$

де Pz , Pm , Pc – прибавки на вільне облягання по лінії грудей, талії, стегон відповідно, см; a_g , a_t , a_c – нижня межа інтервалу прибавки на вільне облягання по лінії грудей, талії, стегон, відповідно, см; b_g , b_t , b_c – верхня межа інтервалу прибавки на вільне облягання по лінії грудей, талії, стегон, відповідно, см.

Умова існування універсальної БК для всього сімейства множин S :

$$\exists S = \left(\bigcap_{g \in G} S_g \neq \emptyset; \bigcap_{t \in T} S_t \neq \emptyset; \bigcap_{c \in C} S_c \neq \emptyset \right). \quad (10)$$

Перелік БК для різних видів виробів, які існують на всіх трьох конструктивних рівнях Pz , Pm , та Pc , представлено у таблиці 4.

Параметри універсальних базових конструкцій стану (фрагмент)

№ з/п	Вид виробу	Кількість видів виробів	Умовне позначення	Прибавка, см		
				<i>Пг</i>	<i>Пт</i>	<i>Пс</i>
1	Пальто, жакет	2	ПП-НЖ	6,2...6,9	4,7...6,2	4,2...4,5
...
21	Пальто, жакет, плащ	3	РП-ТЖ-НПЛ	8,4...9,7	8,7...10,2	7,9...9,4
22	Жакет, куртка, плащ	3	ТЖ-ПК-РПЛ	8,2...9,7	12,0...14,9	9,8...10,0

Аналіз перебіркової матриці підтверджує доцільність використання універсальних базових конструкцій в межах ланцюгів перетворення, які містять не більше трьох видів виробів.

Перебіркова матриця визначення перетинів інтервалів прибавок *Поп* для вшивних рукавів різних видів виробів і ступеня прилягання побудована аналогічно перебірковій матриці визначення інтервалів прибавок стану. В результаті отримано продукційну модель ЕС для знаходження рекомендованих прибавок для рукавів різного ступеня прилягання в залежності від проектної ситуації.

Для визначення оптимальної величини прибавок на пакет (ПП) універсальної БК ланцюга перетворення сформульована гіпотеза: існує максимальна кількість видів асортименту, що мають спільну БК на трьох конструктивних рівнях, у системі забезпечення архітектоніки виробу. В межах гіпотези прийнято припущення: 1) рекомендований ряд оптимальних величин ПП доцільно розробляти на основі середніх значень величин ПП до відповідних конструктивних відрізків БК виробів, що входять до ланцюга перетворення; 2) універсальна БК розрахована з використанням середніх значень ПП, як заведено мало відрізняється від БК окремих видів виробів.

Довжини конструктивних відрізків універсальної БК визначено як середні арифметичні значення однойменних відрізків, що належать БК усіх видів виробів, для яких виконується пошук універсальної БК:

$$l_{i\text{ср}} = \frac{l_{iV_1} + l_{iV_2} + \dots + l_{iV_n}}{n}, \quad (11)$$

де $l_{i\text{ср}}$ – довжина i -го конструктивного відрізка універсальної БК, см; l_{iV_1} ($l_{iV_2}, \dots, l_{iV_n}$) – довжина i -го конструктивного відрізка БК виду виробу V_1 (V_2, \dots, V_n), см; n – кількість видів виробів, що входять до ланцюга перетворення.

Формула (12) підтверджує припущення 1:

$$l_{i\text{кід}} = \frac{nT_i + n\bar{l} \bar{N}_{V_n} + \sum_{i=1}^n \bar{l} \bar{l}_{V_n}}{n} = T_i + \bar{l} \bar{N}_{V_n} + \frac{\sum_{i=1}^n \bar{l} \bar{l}_{V_n}}{n}. \quad (12)$$

Для перевірки припущення 2 побудовано БК чотирьох видів виробів, які представлені в методиці (пальто, куртка, плащ, жакет), а також

універсальні БК заданих видів виробів («жакет-пальто», «жакет-куртка», «жакет-плащ», «пальто-плащ», «куртка-плащ», «жакет-пальто-плащ», «жакет-куртка-плащ»). Порівняння площ конструкцій свідчить про істинність припущення 2 (відносне відхилення не перевищує 0,67 %).

Розроблені рекомендації з побудови універсальних БК дозволяють врахувати товщину пакета матеріалів для заданого ланцюга перетворення і обрати спільний матеріал верху.

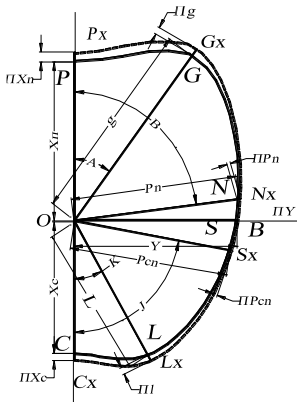
Параметри універсальних конструкцій комірів для виробів ланцюгів (зокрема, табл. 5) сформовано в результаті перетину визначених інтервалів величин параметрів.

Таблиця 5
Параметри універсальної конструкції стояка (фрагмент)

Вид виробу	Стояк прямий, см		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>
Жакет	4,1...4,8	4,0...4,6	0,3...0,6
...
Куртка, пальто	4,8...5,2	4,6...4,9	0,6...0,9
Пальто, жакет	4,1...4,8	4,0...4,6	0,6
Жакет, куртка, пальто	4,8	4,6	0,6

Вперше обґрунтовано доцільність використання операцій неоднорідного масштабування для отримання конструкцій різних видів виробів. Математичний апарат визначення коефіцієнтів масштабування окремо для 2D та 3D-проектування дозволяє забезпечити регламентований розподіл прибавок.

Розв’язок системи рівнянь (13), що розроблена на основі рис. 6, дозволив визначити кінцеві значення коефіцієнтів масштабування вздовж кожної осі (k_{xn} , k_{xc} – коефіцієнт масштабування переду (спинки) вздовж осі *X*; k_y – коефіцієнт масштабування спинки і переду вздовж осі *Y*):



$$\begin{cases}
 k_{xi} x_i = x_i + \check{I} \check{o}_i \\
 (g + \check{I} g)^2 = (g \sin Ak_y)^2 + (g \cos Ak_{xi})^2 \\
 (p_n + \check{I} p_n)^2 = (p_n \sin Bk_y)^2 + (p_n \cos Bk_{xn})^2 \\
 k_y y = y + \check{I} y \\
 k_{xc} x_c = x_c + \check{I} x_c \\
 (l + \check{I} l)^2 = (l \sin Jk_y)^2 + (l \cos Jk_{xc})^2 \\
 (p_{cn} + \check{I} p_{cn})^2 = (p_{cn} \sin Kk_y)^2 + (p_{cn} \cos Kk_{xc})^2,
 \end{cases} \quad (13)$$

де x_n , p_n , g , y , x_c , L , p_{cn} – довжини полярних радіусів; Px_n , Pg , Pp_n , Py , Px_c , Pl , Pp_{cn} – прибавки на вільне облягання до довжин полярних радіусів; A , J , K , B – полярні кути; O – центр координат, центр перерізу манекена

Рис. 6. Схема перерізу одягнутого манекена по лінії грудей

Четвертий розділ присвячений розробці методичних основ гнучкої переорієнтації швейного виробництва з використанням різновидів виробів у ланцюгах перетворення асортименту.

Основою гнучкої переорієнтації на випуск нового виду продукції є концептуальна модель процесу підтримки прийняття рішення з використанням чинників прихованого попиту на різновиди виробів визначеного асортименту одягу, який може бути забезпечений функціонуванням ЕС.

Розроблена ER-модель предметної області гнучкої переорієнтації швейного виробництва відображає структуру таблиць бази даних ЕС і взаємозв'язки між ними (рис. 7).

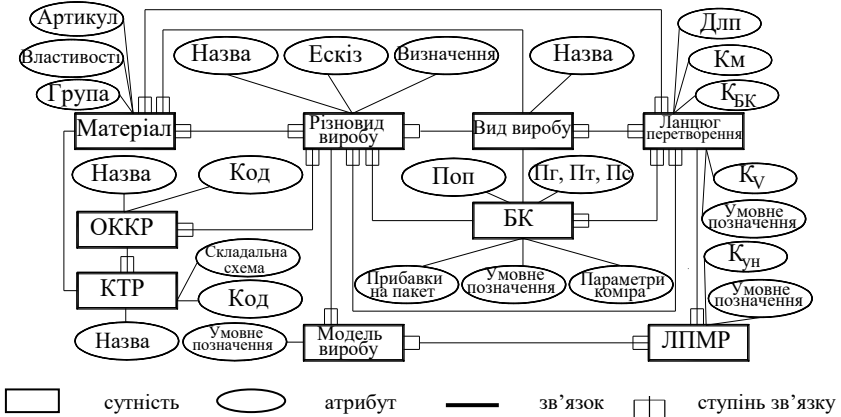


Рис. 7. ER-модель предметного середовища експертної системи гнучкої переорієнтації швейного виробництва

Вибір ланцюга перетворення однозначно задають його атрибути: $D_{ЛП}$, K_V , K_M , $K_{БК}$, причому:

$$D_{ЛП} \rightarrow \max, K_{БК} \rightarrow \min, K_M \rightarrow \min, K_{КТР_i} \rightarrow \min, \quad (14)$$

де $D_{ЛП}$ – довжина ланцюга; $K_{БК}$ – кількість варіантів БК, що використовуються для побудови модельних конструкцій різновидів виробів ланцюга; K_M – кількість матеріалів, що використовують у виробках ланцюга; $K_{КТР_i}$ – кількість варіантів КТР вузлів.

Кількість видів виробів, що входять до ланцюга перетворення (K_V) визначається кількістю ненульових елементів у виразі:

$$D_{ЛП} = n_{Ж} + n_{П} + n_{Пл} + n_K, \quad (15)$$

де $n_{Ж}$, $n_{П}$, $n_{Пл}$, n_K – кількість різновидів виробів, що відносяться до виду виробу жакет, пальто, плащ, куртка, відповідно: $n_{Ж}, n_{П}, n_{Пл}, n_K \in [0, D_{ЛП}]$.

Звідси: $K_V = [1 \dots 4]$. При $K_V = 4$:

$$BK = \left\{ \begin{array}{l} (BK_{V_1, V_2, V_3}, BK_{V_4}) \wedge (\exists \prod_{i \in V} S_i \neq \emptyset) \\ (BK_{V_1}, BK_{V_2, V_3, V_4}) \wedge ((\forall \prod_{i \in V} S_i = \emptyset) \wedge (\exists \prod_{i \in V_3} S_i \neq \emptyset)) \\ (BK_{V_1, V_2}, BK_{V_3, V_4}) \wedge ((\forall \prod_{i \in V} S_i = \emptyset) \wedge (\exists \prod_{i \in V_1} S_i \neq \emptyset) \wedge (\exists \prod_{i \in V_4} S_i \neq \emptyset)) \\ (BK_{V_1}, BK_{V_2, V_3}, BK_{V_4}) \wedge ((\forall \prod_{i \in V} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \prod_{i \in V_1} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \prod_{i \in V_3} S_i = \emptyset) \wedge (\exists \prod_{i \in V_2} S_i \neq \emptyset)) \\ (BK_{V_1}, BK_{V_2}, BK_{V_3, V_4}) \wedge ((\forall \prod_{i \in V} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \prod_{i \in V_1} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \prod_{i \in V_3} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \prod_{i \in V_2} S_i = \emptyset) \wedge (\exists \prod_{i \in V_4} S_i \neq \emptyset)) \\ (BK_{V_1}, BK_{V_2}, BK_{V_3}, BK_{V_4}) \wedge ((\forall \prod_{i \in V} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \prod_{i \in V_1} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \prod_{i \in V_3} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \prod_{i \in V_2} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \prod_{i \in V_4} S_i = \emptyset)) \end{array} \right. \quad (16)$$

де V_4 – вид виробу, до якого відносять 4-й різновид виробу в ланцюгу; V_1 – множина видів виробів, що включає 1, 2 і 3-й різновиди виробів у ланцюгу перетворення; V_3 (V_4) – множина видів виробів, включає 2, 3 і 4-й (3 та 4-й) різновиди виробів у ланцюгу перетворення.

Формула визначення кількості матеріалів, що використані у виробках ланцюга має структуру аналогічну виразу (16). Довжина ланцюга визначає максимальну кількість КТР кожного вузла. Кількість варіантів корегують відповідно до кількості видів виробів і груп матеріалів.

Для прийняття рішення у процесі багатоальтернативного проектування одягу розглянуто взаємодії об'єктів ланцюга перетворення у часовому аспекті на основі прийому гнучкого врахування часу в задачах модифікованого методу морфологічного аналізу. Умовний різновид виробу $X(t)$, який прогнозований для певного моменту часу t , визначається конструктивно-композиційними рішеннями, ймовірність появи яких максимальна:

$$X(t) = (F_1(\rho_{\max}^{(1)}(t)), \dots, F_5(\rho_{\max}^{(5)}(t))). \quad (17)$$

Рекомендований різновид виробу Xq із вихідної множини альтернатив визначається мінімумом функції:

$$\rho(X(t), Xq)_n = \sqrt{\sum_{i=1}^5 (F_{X(t)i} - F_{qni})^2}, \quad (18)$$

де $X(t)$ – прогнозований для деякого моменту часу t різновид виробу; Xq – різновид виробу з умовним номером q ; $F_{X(t)1}, \dots, F_{X(t)5}$ – характеристики конструктивно-композиційних рішень прогнозованого для моменту часу t різновиду; F_{q1}, \dots, F_{q5} – характеристики конструктивно-композиційних рішень різновидів виробів із умовним номером q ; n – кількість альтернатив різновидів виробів.

Крок визначення умовного різновиду виробу складає $6/K_t$ (K_t – кількість моментів часу), тоді функція визначення t приймає вигляд формули визначення члена арифметичної прогресії:

$$t_i = t_{i-1} + \frac{6}{K_t}. \quad (19)$$

Для кожного моменту часу t визначається умовний різновид виробу $X(t)$ і мінімум функції (18), в якій для розрахунку кількості альтернатив приймають k – номер ярусу, на якому знаходиться різновид виробу, визначений на попередньому етапі розрахунку (для попереднього моменту часу). Сукупність отриманих у результаті різновидів виробів визначає склад рекомендованого ланцюга перетворення.

Виділено дві події, які впливають на вибір альтернатив компонент: попит (E_1) і наявність конструктивного прототипу (E_2): $+E_1$ «Користується попитом»; $-E_1$ – «Відсутність попиту»; $+E_2$ – «Наявність конструктивного прототипу модного різновиду виробу», $-E_2$ – «Відсутність конструктивного прототипу модного різновиду виробу». Крім того, виділено дві тенденції: зміна напрямку моди (T_1) і зміна сезонів (T_2). Середньозважені рівні впливу на об'єкт подій і тенденцій зміни з часом визначені в результаті експертних процедур. Для заданої кількості розглянутих раніше подій і тенденцій, масштабні коефіцієнти яких відомі, і початкові альтернативи визначені, визначення ймовірностей появи компонент, що характеризують різновид виробу, представлено у вигляді формул (табл. 6).

Таблиця 6

**Формули розрахунку однотипних ланок формули визначення
ймовірності альтернатив морфологічної таблиці
(компонента F_4 – кишені)**

		$+E_1$		$-E_1$	
		$+E_2$	$-E_2$	$+E_2$	$-E_2$
F_4	$+T_1$	$2,828(1+0,5t)(1+0,167t)$	$1,414(1+0,5t)(1+0,167t)$	$0,088(1+0,5t)(1+0,167t)$	$0,044(1+0,5t)(1+0,167t)$
	$-T_2$	$2,828(1+0,5t)(1-0,049t)$	$1,414(1+0,5t)(1-0,049t)$	$0,088(1+0,5t)(1-0,049t)$	$0,044(1+0,5t)(1-0,049t)$
	$+T_2$	$2,828(1+0,167t)$	$1,414(1+0,167t)$	$0,088(1+0,167t)$	$0,044(1+0,167t)$
	$-T_1$	$2,828(1-0,049t)$	$1,414(1-0,049t)$	$0,088(1-0,049t)$	$0,044(1-0,049t)$

Для прогнозу роботи підприємства в умовах гнучкої переорієнтації виробництва на випуск нових видів виробів використано імітаційне моделювання процесу конструкторської проробки ланцюга перетворення жіночого плечового верхнього одягу. Розробка імітаційної моделі виконана для двох елементарних ланцюгів «Куртка–Анорак» і «Анорак–Півпальто», які мають найбільшу частоту зустрічності у загальній номенклатурі і об'єднуються в ланцюг перетворення «Куртка–Анорак–Півпальто». Наведені ланцюги перетворення є основою для побудови концептуальної моделі у вигляді ER-моделі. Для розробки імітаційної моделі обрано пакет Arena. Кожну сутність в моделі представлено як окремий модуль, а кожен атрибут як його параметр. Фрагмент блок-схеми імітаційної моделі представлено на рис. 8.

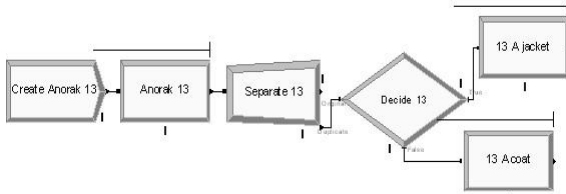


Рис. 8. Блок-схема імітаційної моделі процесу конструкторської проробки ланцюга перетворення

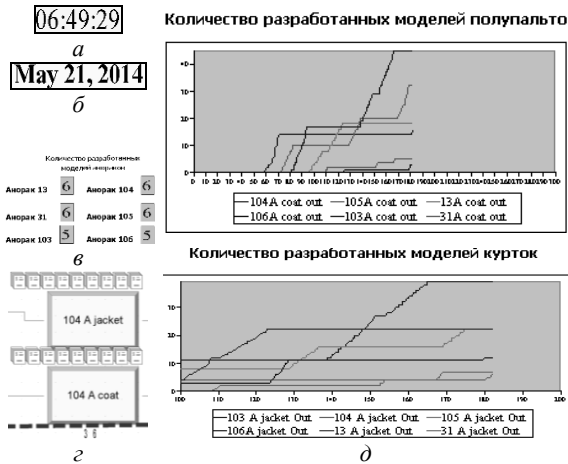


Рис. 9. Фрагменти робочого вікна під час прогону імітаційної моделі: а) годинник; б) календар; в) лічильник кількості розроблених моделей анораків; г) результат прогону моделі; д) діаграми, що відображають процес розробки моделей півпальт і курток

Модель відображає розвиток системи в часі, коли стан змінних змінюється у конкретні моменти. У вікні робочого поля представлені: структура моделі, годинник, календар, лічильник кількості розроблених анораків і дві діаграми, що відображають кількість розроблених півпальт і курток (рис. 9).

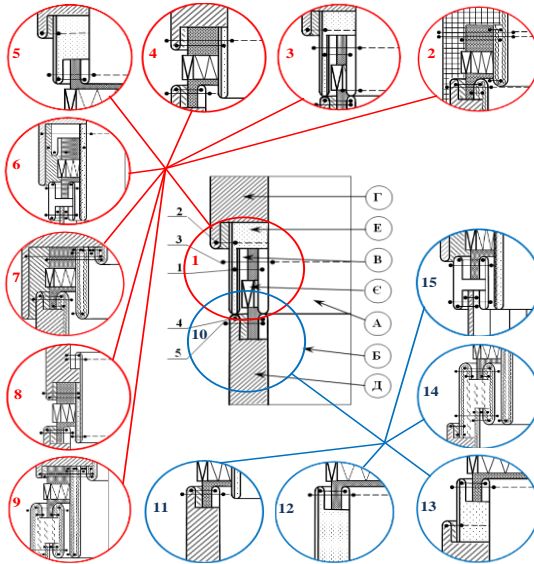
Під час прогону моделі всі фрагменти вікна відображають статистичні параметри для певного моменту часу. Верифікація імітаційної моделі виконана шляхом порівняння отриманих кількісних характеристик з даними офіційних сайтів підприємств (критерій Фішера $F_p = 2,81 < F_m = 4,28$).

П'ятий розділ присвячений питанням формалізації морфологічних перетворень КТР функціональних вузлів виробів-трансформерів, яка розглянута з позицій системного підходу.

Основою інформаційного забезпечення процесу трансформації є структурна характеристика трансформуючих елементів (ТЕ), які входять до складу КТР виробів-трансформерів і забезпечують виконання заданих функцій. ТЕ систематизовано за ознакою порядку вузла (табл. 7). Для вивчення процесу трансформації проаналізовано 600 моделей виробів-трансформерів, серед яких переважними є 50, які різняться номінальними ознаками зовнішнього вигляду трансформ. Аналіз показав, що серед 11-ти видів трансформації у верхньому одязі широко застосовують сім, найпоширеніший – «від'єднання–приєднання».

Систематизація ТЕ верхнього одягу

Ознака	Назва елемента	Перелік елементів
1-го порядку	Складальний комплекс	Стан виробу, верх виробу, підкладка виробу
2-го порядку	Основна деталь	Деталі пілочки, спинки, рукава
3-го порядку	Дрібна або оздоблювальна деталь	Манжети, комір, капшон, кишені, клапани, пати, бретелі, хомутики, погони, пояс, баска, нижня частина стану виробу тощо



1 – КТР стабільної частини базового трансформуючого вузла;
 10 – КТР мобільної частини базового трансформуючого вузла;
 2–9 – модифікації КТР стабільної частини трансформуючого вузла; 11–15 – модифікації КТР мобільної частини трансформуючого вузла

Рис. 10. Типовий базовий ТВ і модифікації його частин (тасьма-«блискавка», прямий контур членування, повне від'єднання ТЕ)

Процес трансформації відрізняється ступенем змінюваності вихідного виробу, при цьому трансформація може бути одноваріантною і багатоваріантною. Трансформуватись може як конструкція в цілому, так і її елементи. Процес трансформації за ознакою повноти зміни розділено на взаємозамінну і видозмінну трансформацію.

Кількісний аналіз ТЕ дозволив виділити засоби трансформації, які впливають на технологічне рішення виробу-трансформера. Структурну характеристику ТЕ представлено 9-ма групами класифікаційних ознак. Структура коду сформованого класифікатора ТЕ містить 14 розрядів.

Розроблені складальні креслення різних варіантів трансформуючих вузлів (ТВ). Виявлено, що для ТВ характерна наявність базових елементів і додаткових, які для даних вузлів є типовими. ТВ складається із стабільної і мобільної частин, які з'єднуються між собою засобом трансформації (рис. 10), при чому мобільна частина належить лише вихідному виробу. На основі схем КТР ТВ сформовано структуру типових базових трансформуючих вузлів, яка визначає зміст технологічних послідовностей обробки ТВ.

Частина виробу, що утворюється відсіканням горизонтальною площиною від вихідного виробу – це сегмент виробу-трансформера. Тоді, сегментація – це процес нанесення горизонтальних ліній членувань, що забезпечують видозмінну трансформацію за рахунок розбиття вихідного виробу-трансформера на сегменти. Для аналізу сегментації графічних зображень моделей використані фактори зовнішнього вигляду виробів.

У результаті кластерного аналізу характеристик сегментації визначено кінцеві кластерні центри та інформацію про кількість спостережень у них. Дев'ять кластерів інтерпретовано як різновиди сегментації залежно від основних факторів впливу, які їх формують.

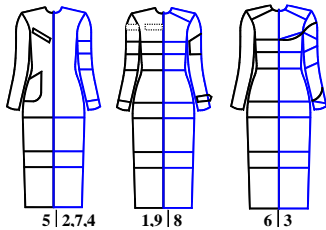


Рис. 11. Умовне графічне зображення видів сегментації

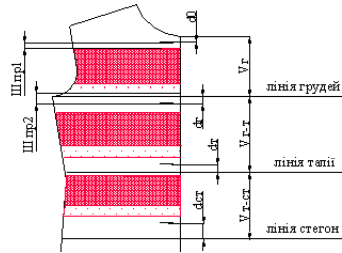


Рис. 12. Сегментація стану виробу-трансформера

На рис. 11 представлено умовне зображення виробів із можливими варіантами членувань. Кодові позначення видів сегментації відповідають графічному образу. Граничні значення можливих діапазонів, в межах яких може здійснюватись сегментація, визначено на трьох рівнях (рис. 12): 1-й обмежений лініями горловини і грудей; 2-й – лініями грудей і талії; 3-й – лініями талії і стегон.

Для проведення експерименту щодо встановлення взаємозв'язку між параметрами сегментів стану і рукава, виділено фактори: товщина плечової накладки, прибавка до обхвату плеча, прибавка до обхвату грудей, прибавка до обхвату талії та прибавка до обхвату стегон. У Rhinoceros побудовано вісім віртуальних макетів стану і рукава. Січними площинами здійснено сегментацію віртуальних макетів і отримано розгортки сегментів стану і рукава (рис. 13) за допомогою команди *Squish*.



Рис. 13. Розгортки сегментів стану та рукава (в середовищі Rhinoceros) розташування членувань рукава L_p

Величина сегменту стану $L_{ст}$ виділена як керуючий фактор, оскільки умовами дослідження задано, що лінія членування рукава має зорозово співпадати із лінією членування стану. Встановлено, що для опису взаємозв'язку рівнів розташування членувань рукава L_p

і стану найбільш адекватною є лінійна залежність: $L_p = 0,980 L_{cm} - 0,198$ ($R^2 = 0,999$).

Візуальна оцінка розгортки рукава дозволила сформулювати припущення: 1) конфігурація контурів лінії членування для різних макетів рукавів на одному рівні членування є однаковою; 2) конфігурація контурів ліній членувань для одного макета на різних рівнях членувань є однаковою.

Дисперсійний аналіз координат контурів виявив, що координати контурів ліній членувань рукавів, які знаходяться на одному рівні, належать до однієї генеральної сукупності і їх можна описати спільною математичною моделлю ($R^2=1$):

$$y = -2 \cdot 10^{-5} x^4 - 0,00034 x^3 + 0,00911 x^2 + 0,1202 x - 6 \cdot 10^{-12}, \quad (23)$$

де x, y – координати точки, см.

Встановлено, що контури ліній членувань різних рівнів сегментації рукава, – еквідистантні і їх можна описати моделлю (23).

Побудову діагональних членувань рукава виконано шляхом повороту горизонталей на величину раціонального кута: $7^\circ, 11^\circ, 18^\circ, 24^\circ, 26^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 45^\circ$. Для кожного кута контур представлено окремою моделлю:

– кут повороту 7° ($R^2=1$):

$$y = -9 \cdot 10^{-6} x^4 - 0,00038 x^3 + 0,00241 x^2 + 0,1326 x - 8 \cdot 10^{-14}, \quad (24)$$

– кут повороту 45° ($R^2 = 1$):

$$y = 9 \cdot 10^{-5} x^4 - 0,00006 x^3 + 0,048 x^2 + 0,137 x - 0,07. \quad (25)$$

На рис. 15 представлено графічні залежності ординат точок членування рукава від кута нахилу членування (α) окремо для кожної



вузлової точки, які отримані табулюванням функцій (23), (24) і (25). Табуляція рівнянь регресії дозволила отримати локальні криві діагональних членувань для всіх гармонійних кутів нахилу (рис. 15).

Рис. 14. Залежності ординат точок членування рукава від кута нахилу членування

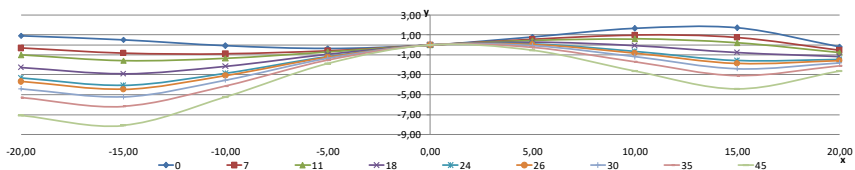


Рис. 15. Контури діагональних членувань рукава

Двобічні вироби – це вироби-трансформери, які проєктують з використанням прийому евристичного проєктування «інверсія». Морфологічні перетворення КТР функціональних вузлів (капошонів, кишень, плечових накладок) у двобічних виробах створюють передумови для дослідження можливостей евристичного проєктування одягу з використанням принципів трансформації.

Сформовано перелік принципів поєднання конструктивних рішень вузла капошона, із якого випливають вимоги до технологічної обробки вузла. Крім того сформовано каталог КТР бічних кишень. Структура каталогу кишень представлена у вигляді граф-дерева. На рис. 16 представлено узагальнене граф-дерево варіантів кишень, які властиві для обох шарів двобічного виробу. На рис. 17 представлена Форма 1 каталогу поєднань КТР бічних кишень. 35 поєднань розглянутих КТР кишень є базовими для каталогу.

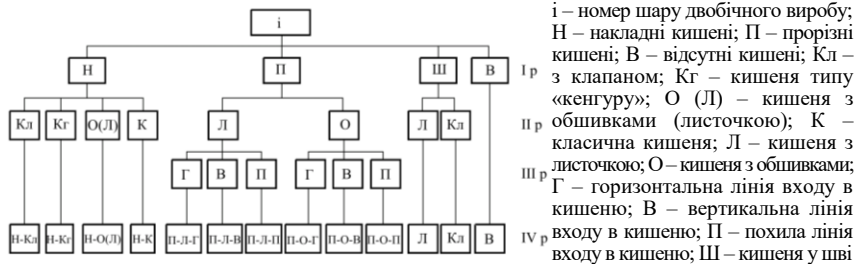


Рис. 16. Узагальнене граф-дерево варіантів кишень у двобічних виробах

Форма 1



Рис. 17. Форма 1 каталогу поєднань КТР бічних кишень двобічних виробів

Оскільки для двобічних виробів характерне використання контрастних матеріалів, а в процесі експлуатації нижній шар двошарового виробу проглядає вздовж крайових зрізів, то така ситуація негативно впливає на зовнішній вигляд проєктованого виробу. Доведено, що необхідною і достатньою умовою відсутності небажаного «канта» є умова:

$$b = 0,5t_{ng} \cdot \alpha, \quad (26)$$

де t_{ng} – товщина верхнього шару матеріалу, мм.

Отримані розрахункові мінімально допустимі відстані від згину до оздоблювальної строчки на ділянці пройми, борту і застібки на спинці залежно від товщини матеріалу.

У *шостому* розділі розглянуті дослідження морфологічних перетворень КТР виробів ланцюга.

Для оцінки адекватності отриманих розрахунковим шляхом коефіцієнтів масштабування виконано масштабування основних горизонтальних перерізів віртуального манекена, побудованого у Rhinoceros з використанням коефіцієнтів, що отримані як середні арифметичні значення розрахованих за літературними джерелами коефіцієнтів. Побудовано графіки залежності приросту величини полярного радіуса від полярного кута по основних перерізах манекена, для прилеглого (рис. 18) і напівприлеглого силуетів.

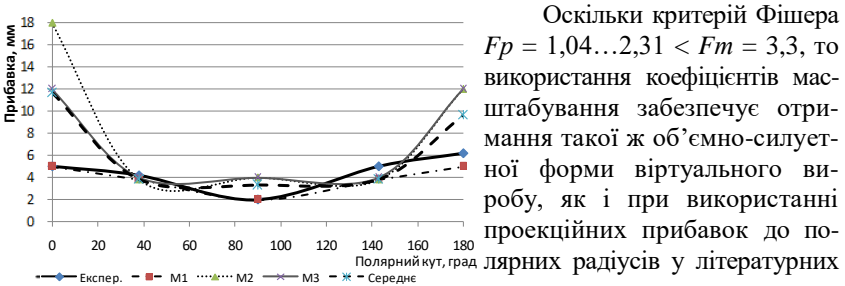


Рис. 18. Графік залежності приросту полярного радіуса від полярного кута для прилеглого силуету по лінії стегон

масштабування від величин обхватів (O_z , O_m , O_c) і прибавок до них (P_z , P_m , P_c), по трьох досліджуваних перерізах (табл. 8).

Відхилення загальної площі розгорток виробу, отриманих масштабуванням від загальної площі деталей конструкції, що побудована за методикою ЄМКО РЕВ (170–92–96) у САПР «Грация» становить 1,3 %, що свідчить про можливість використання розрахованих коефіцієнтів масштабування для проектування одягу.

Для обґрунтування вибору центру масштабування при 2D-конструюванні висловлене припущення про можливість масштабування відносно декількох різних центрів (табл. 9). Вимірювання виконані на БК жакета і пальта (170–92–96, ЄМКО РЕВ). Коефіцієнти визначені окремо для осей X і Y як середнє арифметичне значення всіх коефіцієнтів отриманих в

результаті ділення однойменних координат конструктивних точок виробів.

Оскільки критерій Фішера $F_p = 1,04...2,31 < F_m = 3,3$, то використання коефіцієнтів масштабування забезпечує отримання такої ж об'ємно-силуетної форми віртуального виробу, як і при використанні проєкційних прибавок до полярних радіусів у літературних джерелах.

В результаті повнофакторного експерименту отримано залежності коефіцієнтів

Рівняння залежностей коефіцієнта масштабування від прибавок і величини обхвату (фрагмент)

Рівень		Рівняння		R^2
Коефіцієнт				
грудей	k_{x_c}	$0,022P_z - 0,001O_z + 1,093$	0,968	
	k_{x_m}	$0,0188P_z - 0,00068O_z + 1,062$	0,981	
	k_y	$0,00216P_z - 0,00016O_z + 1,01$	0,900	

Таблиця 8

Дисперсійний аналіз координат конструкцій отриманих масштабуванням підтверджує можливість використання як центру масштабування будь-якої із розглянутих точок, оскільки $F_p < F_m$ (табл. 9) для всіх варіантів масштабування. Найдоцільнішим центром масштабування обрано вершину бічного зрізу деталі.

Аналіз площ деталей отриманих шляхом побудови за ЄМКО РЕВ і масштабуванням підтверджує можливість викорис-

тання масштабування для отримання конструкції різних видів одягу, оскільки відхилення площі складає менше 1 %.

Формування масиву вихідних даних розрахунку коефіцієнтів масштабування виконано на основі чотирьох методик конструювання: ЄМКО РЕВ, ЦНДШП, «Мюллер і син» та Уніфіред Алдріч. Відповідно до особливостей розрахунку відрізків конструкції за обраними методиками отримані формули визначення координат вузлових точок.

З метою знаходження регресійних залежностей між основними факторами впливу і коефіцієнтами масштабування проведено п'ятифакторний експеримент, для якого використано ортогональний центральний композиційний план другого порядку. Значимі фактори: зріст, обхват грудей, обхват стегон, прибавка до обхвату грудей вихідного виробу та проектного. В результаті отримано залежності коефіцієнтів масштабування від розмірних ознак і прибавок по лінії грудей для вихідного і проектного виробів (табл. 10). Отримані математичні моделі є адекватними, оскільки $R^2 \rightarrow 1$.

Таблиця 10

Рівняння залежностей коефіцієнта масштабування від прибавок і розмірних ознак (фрагмент)

Напрямок масштабування	Деталь	Коефіцієнт	Рівняння	R^2
Жакет → пальто	пілочка	k_1	$1,477 - 0,021P_{\text{Ж}} + 0,0221P_{\text{Г}} - 0,0015T_{16}$	0,892
		k_2	$1,267 - 0,01(0,138 T_1 - 0,1 T_{16} + 0,1 T_{19})$	0,608
	спинка	k_4	$1,007 - 0,0231P_{\text{Ж}} + 0,0211P_{\text{Г}}$	0,998

Розрахунок коефіцієнтів масштабування доцільно виконувати в автоматизованому режимі за допомогою комп'ютерної програми «Scale factor», новизна підпрограм якої підтверджена авторськими свідоцтвами.

Перевірку алгоритму побудови конструкції нового виду виробу масштабуванням виконано з використанням віртуальних макетів виробів у САПР «JuliviClo3D», що побудовані на розміро-зріст, який відповідає центру експерименту (170–92–96), способом масштабування і з використанням типової послідовності побудови лекал. У режимах перегляду

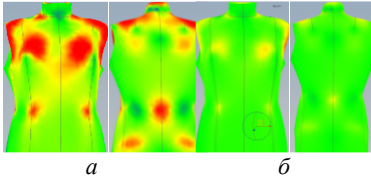


Рис. 19. Віртуальні макети жіночих пальт отриманих масштабуванням у картах: а) напружень; б) деформацій

«Карта напружень» і «Карта деформацій» (рис. 19) виконано серію вимірювань (на кожній ділянці): від 40 до 90 окремих вимірів.

Розрахунок мінімальної кількості вимірів подано у таблиці 11. Згідно з даними дисперсійного аналізу (табл. 12) макет виробу, конструкція якого отримана масштабуванням, не відрізняється від макетів виробів, конструкції яких отримані традиційними методами.

Таблиця 11

Визначення достатньої кількості вимірювань

Режим перегляду	Кількість значень	Розмір вибірки (ділянка I)			
		Масштабована конструкція	ЄМКО РЕВ	Мюллер і син	ЦНДШП
Карта деформацій	Розрахункова	20	10	2	4
	Експериментальна	86	74	62	32
Карта напружень	Розрахункова	107	84	2	1
	Експериментальна	112	104	68	41

Таблиця 12

Порівняльний аналіз віртуальних макетів побудованої та масштабованої конструкції пальта в «JuliviClo3D» (фрагмент)

Режим перегляду	Ділянка	Величина вимірювання макета отриманого за:					середнє	D_c	D_a	F_p	F_m
		масштабуванням	методикою								
			ЄМКО РЕВ	Мюллер і син	ЦНДШП						
Карта напружень	I	135,55	129,88	98,66	135,55	129,88	1675	1364	1,23	8,90	
Карта деформацій	I	102,28	102,52	104,17	103,06	103,25	1,64	0,80	2,0	8,90	

Порівняльний аналіз площ деталей макетів показує, що відсоток відхилення загальної площі деталей стану лежить в межах допустимої в легкій промисловості похибки 5 %. Виключення становлять напрями масштабування «матрична конструкція→куртка», «жакет→пальто», «куртка→плащ», в яких похибка лежить в межах 10 %. Такі відхилення пояснюються тим, що масштабування виконується з дотриманням лише габаритних параметрів конструкції, а повну відповідність силуетної форми на рівні ліній талії і стегон рекомендовано досягати корегуванням розхилів талієвих виточок та/або поздовжніх членувань.

Розроблена структурна модель КТР плечової накладки (ПН) забезпечує стабілізацію архітекtonіки плечової ділянки двобічних виробів і формалізацію побудови конструкції деталей ПН.

Математична модель ПН для двобічних виробів передбачає опис двох її основних перерізів: по плечовому шву і по окуту ПН. Довжина ПН по плечовому шву створює ширину плечового поясу відповідно до моделі виробу і виконує функцію корегування його ширини:

$$D_{ПН} = D_{\text{мод}} + \frac{T_{56} - T_{53}}{2}, \quad (27)$$

де $D_{ПН}$ – довжина ПН, що проектується, см; $D_{\text{мод}}$ – частина довжини ПН, що створює довжину плечового поясу відповідно до моделі виробу, см; T_{56} – поперечний діаметр стегон, см; T_{53} – плечовий діаметр, см.

Отримано вираз для визначення довжини внутрішніх шарів ПН двобічного виробу, що виготовлені із матеріалів будь-якої товщини:

$$l_i = \frac{2\sqrt{4\ddot{A}_{iI}^2 - \dot{\Delta}_{iI}^2} \left(0,5\dot{\Delta}_{iI} - \sum_{i=1}^n t_i \right)}{\dot{\Delta}_{iI}}. \quad (28)$$

де l_i – довжина i -го внутрішнього шару ПН по плечовому шву, см; i – номер внутрішнього шару ПН; n – кількість внутрішніх шарів; $T_{ПН}$ – товщина ПН, см; $\sum_{i=1}^n t_i$ – загальна товщина i шарів, що лежать вище розглядуваного, см.

Довжину окуту ПН ($L_{ПН}$) визначено як довжину кривої, що задана рівнянням $y = f(x)$, $x \in [0; x_s]$, за формулою:

$$L_{iI} = \frac{x_s}{2} \sqrt{1 + (2ax_s)^2} + \frac{1}{4a} \ln(2ax_s + \sqrt{1 + (2ax_s)^2}), \quad (29)$$

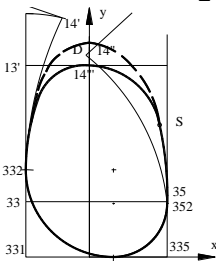


Рис. 20. Розрахункова схема довжини окуту ПН

де a – кутовий коефіцієнт рівняння параболі; x_s – абсциса точки S , см.

На основі п'ятифакторного експерименту визначено залежності між довжиною окуту ПН ($L_{ПН}$) і зростом (T_1), обхватом грудей третім (T_{16}), обхватом стегон (T_{19}), частиною загальної прибавки по лінії грудей, яка приходить на ділянку пройми, (P_{33-35}) і товщиною ПН ($T_{ПН}$).

В результаті отримано залежності між кутовими коефіцієнтами параболі ПН з боку пілочки (спинки) і ваговими факторами.

Оскільки усі шари ПН є еквідистантними кривими, математична модель яких є рівнянням параболі, то для визначення довжини окуту кожного шару визначено кутовий коефіцієнт a_i кожної із парабол і координати точки перетину з проймою конструкції виробу – т. $S(x_i, y_i)$:

$$a_{i(nix, cn)} = \frac{y_s - |\Delta y_i| - /331 - 13' / - T_{ПН} + \sum_{i=1}^n t_i}{(x_s \mu |\Delta x_i|)^2}, \quad (30)$$

де a_1 – кутовий коефіцієнт дотичної до кривої ПН; $\sum_{i=1}^n t_i$ – загальна товщина внутрішніх шарів ПН, см; /331-13'/ – висота закритої пройми, см; x_S (y_S) – абсциса (ордината) точки дотику кривої ПН до пройми, см; Δx_i (Δy_i) – приріст абсциси (ординати) точки перетину параболи i -го шару з проймою, см.

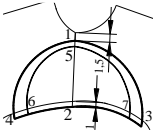


Рис. 21. Креслення деталей ПН для двобічного виробу

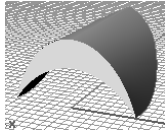


Рис. 22 – 3D-модель ПН у Rhinoceros

Креслення деталей ПН є похідним креслень пілочки та спинки, які суміщені по плечових зрізах (рис. 21). Розроблена послідовність побудови представлена у таблиці 13. Віртуальна ПН (рис. 22) може бути використана при проектуванні моделей одягу шляхом накладання 3D-манекен.

Таблиця 13

Послідовність побудови креслення деталей ПН для двобічного виробу (фрагмент)

№ з/п	Деталь	Назва відрізка	Умовне позначення	Формула
1	Покривна (типова ПН)	Довжина по плечовому шву	/1-2/	(27)
...
7	Внутрішні	Довжина по плечовому шву	/2-5/	(28)
8		Довжина окату	/2-6/, /2-7/	(29), $L_{\text{вн. ш. дв.}} = \frac{L_{\text{вн. ш. в}} + L_{\text{вн. ш. н}}}{2}$

На основі конструкцій капюшонів і розгорток стану виробу згенеровано поверхні та імпортовано їх у JuliviClo3D.

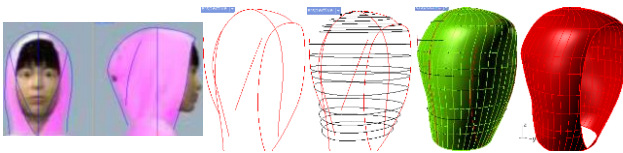


Рис. 23. Етапи побудови капюшона

Просторова форма капюшонів у Rhino побудована методом фотограмметрії (рис. 23).

Для визначення конфігурації каркасних ліній капюшона двобічного виробу проведено експеримент для 2-х видів капюшону: анорак і традиційний. При цьому виділено фактори: прибавка до висоти капюшона – P_v , прибавка до ширини капюшона – $P_{ш}$, поперечний діаметр голови – $d_{\text{гол}}$, поздовжній діаметр голови – $d_{\text{поз}}$. Граничні значення діапазонів прибавок змінювалися відповідно до рекомендацій методик конструювання. У Rhinoceros побудовано моделі чотирьох

морфотипів голови методом фотограмметрії і десяти капюшонів типів анарок і традиційний (рис. 24).

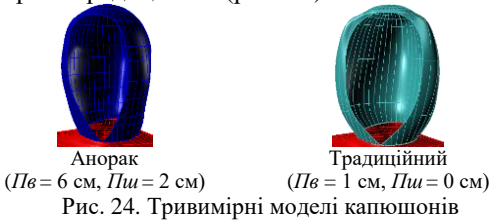


Рис. 24. Тривимірні моделі капюшонів

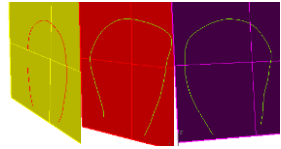


Рис. 25 – Каркасні лінії

Проведено відрізки від контрольних точок до перетину з каркасною лінією капюшона. На основі отриманих даних розраховано залежності між досліджуваними величинами та оцінено якість наближення за допомогою макрофункції «Регресія» Ms Excel (табл. 14). Розрахункові значення критерію Фішера для усіх рівнянь не перевищують табличних значень, тому отримані залежності можуть бути використані для побудови різних видів капюшонів.

Залежності між досліджуваними факторами та величинами відстаней до контрольних точок капюшонів (фрагмент)

Таблиця 14

Контур	Відрізок	Рівняння	
		для анарока	для традиційного капюшона
Передній зріз	$gl-a$	$4,450+0,16Pв+0,26Пш$	$8,59+0,03Pв-0,08Пш$
	$gl-b$	$4,15+0,15Pв+0,79Пш$	$9,65-0,04Pв-0,09Пш$
	$gl-в$	$4,64+0,13Pв+0,96Пш$	$4,64+0,13Pв+0,96Пш$
	$l-z$	$-1,2+0,82Pв-0,01Пш$	$16,23-2,03Pв+4,95Пш$
	$l-d$	$4,6+0,4Pв+0,52Пш$	$11,68+0,22Pв-0,165Пш$
	$o-e$	$23,18+0,22Pв+0,78Пш$	$10,47-0,08Pв-0,22Пш$

Функціональний вузол кишені у двобічному виробі характеризується поєднанням двох видів кишень, тому для забезпечення умов технологічності обробки лінія входу в кишеню з похилим напрямом не повинна перетинати лінію входу

у кишеню з горизонтальним. На основі розрахункової схеми (рис. 26) отримано вираз для визначення допустимого кута нахилу кишені:

$$\alpha_{дв\dot{v}} = \arcsin \left(\frac{K_0 M_0}{K_0 L_2} \right) = \arcsin \left(\frac{6,0}{\dot{A} \dot{e}_{дв\dot{v}}} \right), \quad (31)$$

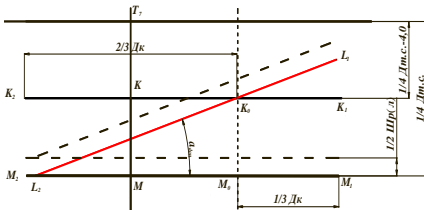


Рис. 26. Розрахункова схема допустимого кута нахилу похилої кишені

де $Дк_{норм}$ – нормалізована довжина входу в кишеню, см.

В результаті повного двофакторного експерименту (табл. 15) отримано залежність між параметрами кишені та ведучими розмірними ознаками (з урахуванням значимих коефіцієнтів, $R^2=1$):

$$\alpha_{доп.} = 34,377 - 0,119T_{16}, \quad (32)$$

де $\alpha_{доп}$ – допустимий кут нахилу кишені, град; T_{16} – обхват грудей III, см.

Таблиця 15

План експерименту

Фактори		Дт, см	Дк, см	Дк _{норм} , см	sin $\alpha_{доп}$	$\alpha_{доп.екс}$		$\alpha_{доп.розр.}$, град
T_{16} , см	T_{16} , см					рад	град	
158	96	39,3	15,2	15	0,389	0,400	22,918	22,953
158	108	39,9	16,1	16	0,366	0,375	21,485	21,525
182	96	43,7	15,2	15	0,389	0,400	22,918	22,953
182	108	44,0	16,1	16	0,366	0,375	21,485	21,485

Визначені допустимі кути нахилу кишень дозволили уніфікувати спільну підкладку кишені суцільновикресну з підзором (рис. 27, табл. 16).

При суміщенні кишень з вертикальним і похилим напрямками входу можливі два варіанти: 1) $\alpha_{доп} = -0,04T_{16} + 7,0$; 2) $\alpha_{доп} = 0,12T_{16} - 6,7$. Точність апроксимації $R^2=1$. Отримані рівняння залежностей дають можливість виконати розрахунок допустимих кутів нахилу для різних O_2 (T_{16}) та розробити уніфіковану схему побудови лекала спільної підкладки кишень з різними напрямками входу на протилежних шарах виробу.

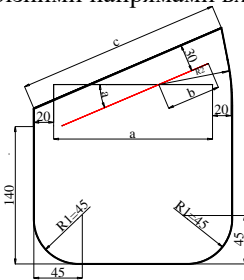


Рис. 27. Уніфікована схема побудови лекала спільної підкладки кишень з похилим і горизонтальним напрямками входу

Таблиця 16

Параметри спільної підкладки кишень різних розмірів (фрагмент)

Група розмірів	Величина параметра				
	a, см	b, см	c, см	α , град	R_2 , см
100	15,5	5,2	19,5	18,0	7,2
104–112	16,0	5,3	20,0	18,0	7,3
116	16,5	5,5	20,5	18,0	7,5
120–124	17,0	5,7	21,0	18,0	7,7
128	17,5	5,8	21,5	18,0	7,8
132–136	18,0	6,0	22,0	18,0	8,0

Сьомий розділ присвячений розробці бази знань ЕС гнучкої переорієнтації швейного виробництва. БД «База даних трансформуючих елементів» є набором таблиць, що взаємопов'язані між собою (рис. 28).



Рис. 28. Фрагмент бази даних

Імітаційне моделювання використане для оцінки співвідношення між кількістю моделей, які потрібно розробити, і які розроблені, а також визначити коефіцієнт завантаженості конструкторів (табл. 17). В результаті отримано рівняння залежності коефіцієнта завантаженості конструкторів від вагомих факторів ($F_p = 1,25 < F_m = 5,05$):

$$K_v = 0,831 + 0,011 \cdot t - 0,084 \cdot K, \quad (33)$$

де K_v – коефіцієнт використання робочого часу конструкторів; t – час на розробку моделі, год; K – кількість конструкторів на підприємстві, осіб.

Таблиця 17

Номер експерименту	Коефіцієнт використання часу (Instantaneous Utilization)			Розрахункова кількість конструкторів (Number Busy)			Кількість за штатним розкладом (Number Scheduled)
	1 прогін	2 прогін	Середнє значення	1 прогін	2 прогін	Середнє значення	
1	0,82	0,83	0,83	0,82	0,83	0,83	1
2	0,17	0,16	0,17	0,83	0,82	0,83	5
3	0,99	0,99	0,99	4,99	4,99	4,99	5
4	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1
5	0,99	0,99	0,99	2,99	2,99	2,99	3

Існування прямого зв'язку між наявністю САПР і часом розробки моделі дозволяє час на розробку моделі оцінити опосередковано, відповівши на питання щодо наявності САПР, а вибір довжини ланцюга здійснити за правилом (табл. 18).

Таблиця 18

Вибір оптимальної довжини ланцюга перетворення

Наявність САПР	Кількість конструкторів				
	1	2	3	4	5
Так	3	3	4	4	5
Ні	2	3	3	3	4

Вибір кожного наступного різновиду виробу ланцюга виконано за технологією багатоальтернативного проектування. Шлях прийняття рішення підзадачі «Вибір ланцюга» підсистеми ЕС «Ланцюг перетворення» представлено у вигляді дерева рішень. Дерево рішень підсистеми «Базова конструкція» (рис. 29) показує порядок роботи ЕС при вирішенні задачі вибору параметрів БК.

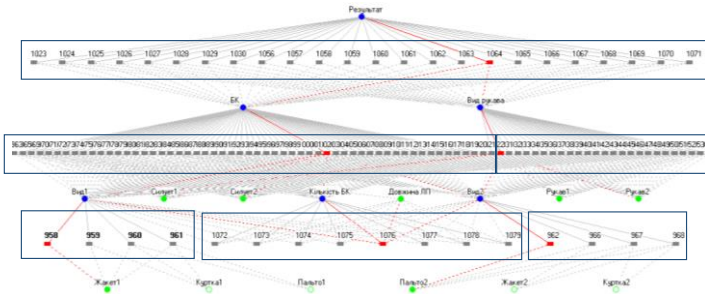


Рис. 29. Дерево рішень підсистеми ЕС «Базова конструкція»

Аналогічну структуру має підсистема ЕС «Функціональний вузол». Перелік сутностей і їх значень визначається інформацією з бази даних трансформуючих елементів.

костюмні-підкладкові	X1=1		X1=0	
	X5=1	X5=0	X5=1	X5=0
X14=1	1	0,644	0,77	0,414
X14=0	0,586	0,23	0,356	0

костюмні-пальтові-підкладкові	X3=1		X3=0	
	X5=1	X5=0	X5=1	X5=0
X14=1	1	0,651	0,768	0,419
X14=0	0,581	0,232	0,349	0

рекомендована
 нерекомендована
 середня відповідність

Рис. 30. Продукційна модель ЕС «Конфекціонер» (фрагмент) виробів і підкладки.

Отримана інформація є основою для ЕС вибору пакета матеріалів. Правила вибору матеріалу сформовані у вигляді таблиць (рис. 30), в яких результат знаходиться на перетині умов.

Розроблений прототип ЕС складається із підсистем: «Ланцюг перетворення», «Базова конструкція», «Конфекціонер» і «Функціональний вузол». Підсистеми можуть бути використані як у сукупності, так і як окремі ЕС.

Для оцінки отриманого рішення виробу-трансформера розроблено спосіб визначення повноти функціонального використання його елементів. Коефіцієнт функціонального використання елементів виробу-трансформера запропоновано визначати за формулою:

$$K_f = \frac{G_b + G_a}{G_b + G_a + D_b + D_a}, \quad (34)$$

де D_b – кількість додаткових конструктивних елементів до процесу трансформації; D_a – кількість нефункціональних елементів після процесу трансформації; G_b (G_a) – кількість функціональних виробів до (після) процесу трансформації.

З урахуванням коефіцієнтів вагомості одиничних показників виконана комплексна оцінка статичної відповідності віртуальних макетів жіночих пальт, жакетів, курток, плащів, що отримані масштабуванням. Розраховані значення комплексних ергономічних показників усіх видів виробів лежать у межах $P_{CT} = 4,407 \dots 4,889$ і відповідають високій якості посадки виробів.

Для перевірки результатів роботи ЕС виготовлено контрольний зразок виробу-трансформера (пальто-жакет-жилет). Інтервал прибавок відповідає рекомендованим розробленою підсистемою ЕС «Базова конструкція». Конструкція коміра побудована за параметрами, що рекомендовані ЕС (підсистемою «Функціональний вузол»). Матеріал

верху підбрано за рекомендаціями підсистеми «Конфекціонер». Розраховане значення комплексного показника якості посадки контрольного зразка $P_{CT} = 4,745$ відповідає високій якості посадки виробів. Комплексний показник якості посадки коміра для зразка виробу-трансформера становить $Q = 4,889$, що відповідає високому рівню.

Виконані розрахунки економічної ефективності апробації результатів дослідження на ТзОВ «Хмельничанка» (м. Хмельницький); ПРАТ «Едельвіка» (м. Луцьк), та ПП «Сіріус» (м. Хмельницький). Сумарний економічний ефект складає: $120245,6 + 316854,3 + 81510,1 = 518610$ грн на 10000 виробів у цінах 2018 р.

ВИСНОВКИ

Вирішено актуальну науково-прикладну проблему розвитку наукових основ гнучкої переорієнтації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, яка ґрунтується на евристичних прийомах методів типового проектування моделей типологічних рядів асортименту із застосуванням експертних систем в умовах швидкої зміни проектних ситуацій.

1. Вперше математичне рішення групування об'єктів типологічного ряду розглянуто з використанням критеріїв безперервності, що передбачають перетворення типових деталей виробів та їх можливих варіантних конструктивно-технологічних рішень. На основі структурно-логічної моделі трансформації типологічного ряду сформовано номенклатуру (598 найменувань) ланцюгів перетворення різновидів виробів жіночого плечового верхнього одягу з описом константних і варіантних елементів різновидів одягу як усередині типологічного ряду, так і виробу-трансформера.

2. За основний принцип евристичного проектування підмножин типологічного ряду на основі ланцюгів перетворення обрано принцип універсальності, що дало можливість сформулювати продукційну модель бази знань автоматизованої системи з елементами штучного інтелекту у вигляді розв'язувальних правил визначення універсальних параметрів базових конструкцій та властивостей матеріалів верху в пакеті матеріалів для функціонування в галузі швейного виробництва.

3. Розроблена методика визначення параметрів шорсткості текстильних матеріалів, новизна якої підтверджена авторським свідоцтвом 62901 України, та скрипти для обробки сканованих зображень зразків тканини в середовищі Rhinoceros, з обґрунтуванням розміру зразка 8×8 см та базової довжини нормального профілю $L = 0,8$ мм, дозволили дослідити параметри шорсткості матеріалів для формування рекомендованих їх характеристик в процесі підбору пакета матеріалів шляхом застосування принципу універсальності до параметрів тканин виробів ланцюга перетворення.

4. Для забезпечення технологічного прогнозування розвитку асортименту швейних виробів на основі комбінування подій і тенденцій

розроблено механізм гнучкої переорієнтації швейного виробництва з використанням ланцюгів перетворення на основі технології багатоальтернативного проектування одягу з використанням адаптації гнучкого прийому врахування часу в задачах застосування модифікованого методу морфологічного аналізу у процесі евристичного проектування.

5. Вперше вирішено завдання гнучкої переорієнтації виробництва швейних виробів шляхом імітаційного моделювання у середовищі Agena (Rockwell Automation) процесу конструкторської проробки ланцюгів перетворення різновидів виробів, яке відображає особливості розробки швейного виробу від моменту отримання замовлення до формування пакета конструкторської документації на модель виробу. Адекватність моделі підтверджено експериментально (критерій Фішера $F_p = 2,81 < F_m = 4,28$).

6. Вперше обґрунтовано доцільність застосування неоднорідного масштабування для отримання конструкцій різних видів одягу у середовищі систем автоматизованого проектування, що реалізовано у САПР «Julivi», та побудови віртуальної форми виробу жіночого верхнього одягу операціями неоднорідного масштабування у середовищі графічного редактора тривимірної графіки «Rhinosceros», розрахунок коефіцієнтів масштабування для яких виконано за допомогою комп'ютерної програми «Scale factor», новизна якої підтверджена авторськими свідоцтвами 59320, 62897, 64956 України. Розраховані значення комплексних ергономічних показників усіх видів виробів, конструкції яких отримані масштабуванням, лежать у межах $Pcm = 4,407...4,889$ і відповідають високій якості посадки виробів.

7. На основі розробленого інформаційного забезпечення процесу трансформації конструктивно-технологічних рішень виробів-трансформерів сформовані технологічні послідовності обробки трансформуючих вузлів та спосіб оцінки повноти функціонального використання деталей виробу-трансформера, новизна якого підтверджена авторським свідоцтвом 54395 України. Формалізація структури трансформуючих вузлів забезпечила автоматизацію формування технологічних послідовностей їх обробки.

8. Кластерний аналіз виробів-трансформерів за характеристиками членувань дозволив виділити кластери, які інтерпретовано як різновиди сегментації. Визначено раціональні положення ліній членувань деталей виробів-трансформерів, на основі яких встановлені взаємозв'язки рівнів сегментації стану і рукава ($Lp = 0,980Lcm - 0,198$) та доведено еквідистантність контурів ліній членувань різних рівнів.

9. Функціональні вузли виробів ланцюгів перетворень, що побудовані на основі інверсії, апробовані у вигляді розроблених: уніфікованих схем побудови спільних підкладок для кишень у двобічних виробках, каталогу конструктивно-технологічних рішень кишень, конструктивно-технологічного рішення плечової накладки двобічного виробу і віртуальної моделі двобічного капюшона.

10. Розроблено прототип експертної системи гнучкої переорієнтації виробництва жіночого верхнього одягу на основі оболонки експертної системи «Рапана», що складається із підсистем вибору ланцюга перетворення, вибору універсальної базової конструкції виробів ланцюга перетворення, її параметрів та параметрів конструкції функціональних вузлів, а також вибору матеріалу.

11. Промислова апробація підсистем експертної системи та методів отримання конструкцій різних видів виробів операціями масштабування на ТзОВ «Хмельничанка» (м. Хмельницький); ПРАТ «Едельвіка» (м. Луцьк) та ПП «Сіріус» (м. Хмельницький), підтвердила скорочення терміну розробки на 53,9 % і підвищення конкурентоздатності виробу.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у журналах, які індексуються в міжнародній наукометричній базі даних Scopus

1. Kuleshova S. G. Development of expert system based on Kansei Engineering to support clothing design process / S. G. Kuleshova, O. V. Zakharkevich, J. V. Koshevko & O. A. Ditkovska // *Vlakna a Textil.* – 2017. – № 3. – P. 30-41. *Особистий внесок: формування структури і наповнення ЕС.*

2. Zakharkevich O. V. Development of the method of scaling patterns and virtual garments forms / O. V. Zakharkevich, S. G. Kuleshova // *Vlakna a Textil.* – 2017. – № 4. – P. 34-40. *Особистий внесок: формулювання ідеї, теоретичне обґрунтування, проведення експериментальних досліджень, висновки.*

Статті у фахових періодичних виданнях інших держав

3. Zakharkevich O. V. Scale factors calculating for recreating women's garments' form / O. V. Zakharkevich, S. G. Kuleshova, A. L. Slavinskaya // *Magazine textile and clothing.* – 2015. – № 6. – P. 146-151. *Особистий внесок: формулювання ідеї, планування експерименту, проведення досліджень, висновки.*

4. Zakharkevich O. V. Recommended ranges of collars' parameters for transformable garments / O. V. Zakharkevich, S. G. Kuleshova, G. S. Shvets // *Magazine textile and clothing.* – 2015. – № 9. – P. 210-220. *Особистий внесок: формулювання ідеї, теоретичне обґрунтування, статистична обробка даних, висновки.*

5. Захаркевич О. В. Имитационная модель процесса конструкторской проработки цепи преобразования женской верхней одежды / О. В. Захаркевич // *Вестник Витебского государственного технологического университета.* – 2015. – № 29. – С. 43-54.

6. Kuleshova S. G. The prognostic model in apparel design / S. G. Kuleshova, O. V. Zakharkevich, A. L. Slavinskaya // *Magazine textile and clothing.* – 2016. – № 2. – P. 18-27. *Особистий внесок: статистична обробка експериментальних даних, побудова віртуальної моделі одягу.*

Статті у фахових виданнях України

7. Захаркевич О. В. Розрахунок оптимальних технологічних параметрів обробки крайових зрізів у двосторонніх виробках / О. В. Захаркевич, Н. Г. Савчук // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2007. – № 1 (107). – С. 177-181. *Особистий внесок: постановка завдань, експериментальні дослідження.*

8. Савчук Н. Г. Формування структури каталогу функціональних вузлів двосторонніх виробів / Н. Г. Савчук, О. В. Захаркевич, С. Я. Садова // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 6. – С. 101-104. *Особистий внесок: статистична обробка даних, наповнення каталогу, висновки.*

9. Захаркевич О. В. Розробка математичних моделей кокеток, що зміщені відносно центру грудей / О. В. Захаркевич, Є. М. Решетник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 4. – С. 84-87. *Особистий внесок: формулювання ідеї, теоретичне обґрунтування, проведення експерименту, висновки.*

10. Савчук Н. Г. Розробка уніфікованої технології обробки поєднаних прорізних кишень при виготовленні двосторонніх виробів. / Н. Г. Савчук, О. В. Захаркевич, С. Я. Садова // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 5. – С. 188-194. *Особистий внесок: постановка завдань, теоретичне обґрунтування, узагальнення результатів.*

11. Захаркевич О. В. Особливості визначення місця розміщення і параметрів деталей бічних кишень типу «ПП-ПГ» у двосторонніх виробках / О. В. Захаркевич, Н. Г. Савчук, С. Я. Садова // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 6. – С. 205-209. *Особистий внесок: планування експерименту, проведення експериментальних досліджень, висновки.*

12. Захаркевич О. В. Розробка математичного опису окату плечової накладки / О. В. Захаркевич, Н. Г. Савчук, Є. М. Решетник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 4 – С. 164-167. *Особистий внесок: формулювання ідеї, теоретичне обґрунтування, планування експерименту, висновки.*

13. Захаркевич О. В. Розробка конструкції деталей плечової накладки для двобічних жакетів / О. В. Захаркевич, Є. М. Решетник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 3. – С. 114-118. *Особистий внесок: розробка математичної моделі, проведення експериментальних досліджень, висновки.*

14. Захаркевич О. В. Розробка типологічного ряду жіночого плечового одягу / О. В. Захаркевич // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 5. – С. 15-18.

15. Захаркевич О. В. Формування раціональних ланцюгів перетворення жіночого плечового одягу. / О. В. Захаркевич // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. – № 2. – С. 73-76.

16. Захаркевич О. В. Побудова віртуальної моделі капюшона двобічного виробу / О. В. Захаркевич // Легка промисловість. – 2012. – № 4. – С. 58-60.

17. Захаркевич О. В. Основні підходи до формування концептуальної моделі експертної системи гнучкої переорієнтації виробництва жіночого верхнього одягу / О. В. Захаркевич // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. – № 1. – С. 207–211.

18. Захаркевич О. В. Обґрунтування вибору факторів впливу на сегментацію виробів-трансформерів / О. В. Захаркевич // Легка промисловість. – 2013. – № 1. – С. 50-52.

19. Захаркевич О. В. Визначення показників властивостей матеріалів для виробів-трансформерів верхнього одягу / О. В. Захаркевич, Н. Г. Савчук // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. – № 3. – С. 79-83. *Особистий внесок: формулювання ідеї, проведення інформаційних досліджень, висновки.*

20. Захаркевич О. В. Методика визначення показників шорсткості текстильних матеріалів / О. В. Захаркевич // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – № 2. – С. 85-90.

Статті в інших виданнях України

21. Захаркевич О. В. Обґрунтування вихідних умов формування ланцюгів перетворення жіночих плечових виробів / О. В. Захаркевич // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – 2011. – № 34. – С. 89-94.

22. Захаркевич О. В. Метод побудови віртуальної форми жіночого плечового виробу шляхом масштабування / О. В. Захаркевич, М. В. Гречана // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – 2011. – № 34. – С. 95-100. *Особистий внесок: теоретичне обґрунтування, планування експерименту, побудова віртуальної моделі, висновки.*

23. Захаркевич О. В. Розробка прототипу експертної системи гнучкої переорієнтації виробництва жіночого верхнього одягу / О. В. Захаркевич, А. В. Почупрін // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 2/2 (68). – С. 50-55. *Особистий внесок: формулювання ідеї, проведення експериментальних досліджень, наповнення бази знань ЕС, тестування ЕС, висновки.*

Матеріали зарубіжних конференцій

24. Zakhharkevich O. Features of the software for 3D garment simulation / O. Zakhharkevich // International Scientific Journal Acta Universitatis Pontica Euxinus. Special number. IX International Conference “Strategy of Quality in Industry and Education”. Proceedings. – 2013. – V. II. – P. 409-411.

25. Zakhharkevich O. V. Improvement of the expert system for rapid change in production of women's outerwear / O. V. Zakhharkevich // International Scientific Journal Acta Universitatis Pontica Euxinus. Special number. XI International Conference “Strategy of Quality in Industry and Education”. Proceedings. – 2015. – V. II. – P. 410-414.

26. Zakhharkevich O. V. Determination of fabrics properties for reversible garments / O. V. Zakhharkevich, S. G. Kuleshova, G. S. Shvets // TEXTEN VII International Conference Proceedings. – Bucharest, Romania, 2015. –

Vol. 7. – P. 78-88. *Особистий внесок: формулювання ідеї, теоретичне обґрунтування, узагальнення результатів.*

27. Zakharkevich O. V. Particularities of the evaluation the garment fitting through stress/strain map in Julivi Clo3D software / O. V. Zakharkevich // International Scientific Journal Acta Universitatis Pontica Euxinus. Special number. XII International Conference “Strategy of Quality in Industry and Education”. Proceedings. – 2016. – P. 552-556.

28. Zakharkevich O. V. Simulation models in process of designer's education / O. V. Zakharkevich, S. G. Kuleshova, G. S. Shvets // International Conference on Education in Mathematics, Science & Technology. Proceeding book. – 2016. – P. 503-510. *Особистий внесок: формулювання ідеї, планування експериментів, інформаційні дослідження та узагальнення результатів.*

29. Захаркевич О. В. Експертні системи як засіб навчання фахівців швейної галузі / О. В. Захаркевич, О. А. Дітковська // Міжнародний науковий журнал Acta Universitatis Pontica Euxinus. Спеціальний випуск. XIII Міжнародна конференція «Стратегія якості у промисловості і освіті» (5–8 червня 2017 р., Варна, Болгарія). – 2017. – С. 322-327. *Особистий внесок: формулювання ідеї, наповнення бази знань ЕС, висновки.*

30. Sviruk L. Application of deep learning in apparel design / L. Sviruk, S. Kurochka, O. Zakharkevich & S. Kuleshova // International Conference on Technics, Technologies and Education ICTTE 2017, Yambol, Bulgaria, October 19-20st, 2017. – P. 83-91. *Особистий внесок: формулювання ідеї, постановка завдань дослідження, статистична обробка даних, висновки.*

31. Kurochka S. Method of analyzing images of clothes based on Kansei Engineering / S. Kurochka, L. Sviruk, S. Kuleshova & O. Zakharkevich // International Conference on Technics, Technologies and Education ICTTE 2017, Yambol, Bulgaria, October 19-20st, 2017. – P. 92-99. *Особистий внесок: статистична обробка результатів, побудова психографічних профілів моделей.*

Свідчення про реєстрацію авторського права на твір

32. А. с. 54395 України. Методи визначення впродовж функціонального використання елементів виробу-трансформера / О. В. Захаркевич, Н. Г. Савчук, І. В. Мінчак, У. Ф. Бабич ; заявник і патентовласник Захаркевич О.В. – заявка № 54886 від 05.02.2014 ; зареєстр. 03.04.2014. *Особистий внесок: формулювання ідеї, теоретичне обґрунтування, узагальнення результатів.*

33. А. с. 59320 України. «Комп'ютерна програма «Коефіцієнт» для автоматизації розрахунку коефіцієнтів масштабування при побудові віртуальної моделі швейного виробу» / О. В. Захаркевич ; заявник Захаркевич О. В. – заявка № 59776 від 18.02.2015 ; зареєстр. 15.04.2015.

34. А. с. 62901 України. «Стаття «Методика визначення показників шорсткості текстильних матеріалів»» / О. В. Захаркевич ; заявник Захаркевич О. В. – заявка № 63401 від 12.10.2015 ; зареєстр. 10.12.2015.

35. А. с. 62897 України. «Комп'ютерна програма «Scale from body share»» / С. Г. Кулешова, О. В. Захаркевич ; заявник Захаркевич О. В. – заявка № 63397 від 12.10.2015, зареєстр. 10.12.2015. *Особистий внесок: алгоритм і текст програми.*

36. А. с. 64956 України. «Комп'ютерна програма «Scale from garment block»» / О. В. Захаркевич ; заявник Захаркевич О. В. – заявка № 65468 від 19.02.2016, зареєстр. 19.04.2016.

Навчальні посібники

37. Захаркевич О. В. Основи наукових досліджень : навч. посібник / О. В. Захаркевич, Г. С. Швець, О. М. Сарана. – Хмельницький : ХНУ, 2013. – 223 с. *Особистий внесок: підготовлено вісім розділів посібника.*

38. Захаркевич О. В. Практикум з комп'ютерного проектування одягу : навч. посібник / О. В. Захаркевич, С. Г. Кулешова, О. М. Домбровська. – Хмельницький : ХНУ, 2016. – 310 с. *Особистий внесок: підготовлено четвертий, п'ятий, шостий, сьомий розділи.*

Колективні монографії

39. Zakharkevich O. Method of determining transformable garment functional usage completeness / O. Zakharkevich, I. Minchack, U. Babich // Study of problems in modern science: new technologies in engineering, advanced management, efficiency of social institutions. Monograph : ed. by Shalapkо Y., Wyszowska Z., Musial J., Paraska O. – Bydgoszcz, Poland, 2015. – P. 308-317. *Особистий внесок: формулювання ідеї, теоретичне обґрунтування, проведення експериментальних досліджень, узагальнення результатів.*

40. Zakharkevich O. V. Analytical grounding of the transformation process of transformable garments / O. V. Zakharkevich // Actual problems of modern science. Monograph: ed. by Musial Janusz, Polishchuk Oleh, Sorokatji Ruslan. – Bydgoszcz, Poland, 2017. – P. 229-239.

Опубліковані праці апробаційного характеру

41. Маренич Н. М. Класифікація швів для обробки одношарових двохсторонніх виробів / Н. М. Маренич, О. В. Захаркевич // Тези доповідей VI Всеукраїнської наукової конференції молодих учених та студентів «Наукові розробки молоді на сучасному етапі», 17–18 квітня 2007 р. – Київ : КНУТД, 2007. – Т. 1. – С. 42. *Особистий внесок: постановка завдань, узагальнення результатів.*

42. Решетник Є. М. Вибір прототипу конструктивно-технологічного рішення плечової накладки для двобічних жакетів / Є. М. Решетник, О. В. Захаркевич // Новітні технології, матеріали та дизайн в легкій промисловості та сервісі : збірник наукових праць студентів ФТІД за результатами науково-дослідної роботи за 2008–2009 рр. – Хмельницький : ХНУ, 2009. – С. 86-87. *Особистий внесок: постановка завдань, висновки.*

43. Захаркевич О. В. Класифікація плечових накладок / О. В. Захаркевич, Н. Г. Савчук, Є. М. Решетник // Тези доповідей VIII Всеукраїнської наукової конференції молодих учених та студентів «Наукові розробки молоді на сучасному етапі», 23–24 квітня 2009 р. – Київ : КНУТД, 2009. – Т. I. С. 86-87. *Особистий внесок: формулювання ідеї, постановка завдань, узагальнення результатів.*
44. Захаркевич О. В. Рекомендований ряд прибавок на пакет базової конструкції вихідного виробу типологічного ряду / О. В. Захаркевич // Сучасний соціокультурний простір 2010 : матеріали Сьомої всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції, 20–22 вересня 2010 р. – Київ, 2010. – Ч. 3. – С. 25-27.
45. Захаркевич О. В. Розробка тривимірної моделі плечової накладки у середовищі Rhinoceros 4.0 / О. В. Захаркевич // Збірник тез доповідей Регіональної науково-практичної конференції «Сучасні технології в легкій промисловості і сервісі», 22–23 вересня 2010 р. – Хмельницький : ХНУ, 2010. – С. 46-47.
46. Мінчак І. М. Класифікація трансформуючих елементів / І. М. Мінчак, О. В. Захаркевич, Н. Г. Савчук // Новітні технології, матеріали та дизайн в легкій промисловості та сервісі : збірник наукових праць студентів ІТДС за результатами науково-дослідної роботи за 2009–2010 рр. – Хмельницький : ХНУ, 2010. – С. 21-22. *Особистий внесок: формулювання ідеї, постановка завдань, висновки.*
47. Рачко В. В. Розрахунок величин прибавок на пакет до конструктивних відрізків двобічних жіночих виробів / В. В. Рачко, О. В. Захаркевич // Новітні технології, матеріали та дизайн в легкій промисловості та сервісі : збірник наукових праць студентів ІТДС за результатами науково-дослідної роботи за 2009–2010 рр. – Хмельницький : ХНУ, 2010. – С. 49-50. *Особистий внесок: формулювання ідеї, постановка завдань, узагальнення результатів.*
48. Захаркевич О. В. Розробка спільної базової конструкції типологічного ряду жіночого плечового одягу / О. В. Захаркевич // Новітні технології, матеріали та дизайн в легкій промисловості та сервісі : тези доповідей науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу ІТДС за результатами науково-дослідної роботи за 2009–2010 рр. – Хмельницький : ХНУ, 2010. – С. 11-12.
49. Захаркевич О. В. Проблеми візуалізації об'ємно-просторової форми двобічних виробів / О. В. Захаркевич // Сучасні технології в легкій промисловості та сервісі : збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю іноземних вчених, 18–19 травня 2011 р. – Хмельницький : вид. «ФОП Параска», 2011 – С. 93-94.
50. Захаркевич О. В. Вибір параметрів розгортання віртуальних моделей швейних виробів у середовищі Rhinoceros 4.0 / О. В. Захаркевич // Новітні технології, матеріали та дизайн в легкій промисловості та сервісі : тези доповідей науково-практичної конференції професорсько-викладацького

складу інституту технологій, дизайну та сервісу за результатами науково-дослідної роботи за 2010–2011 рр. – Хмельницький : ХНУ, 2011. – С. 15-16.

51. Савчук Н. Г. Особливості інтерфейсу бази даних трансформуючих елементів виробів-трансформерів / Н. Г. Савчук, О. В. Захаркевич // Новітні технології, матеріали та дизайн в легкій промисловості та сервісі : тези доповідей науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу інституту технологій, дизайну та сервісу за результатами науково-дослідної роботи за 2010–2011 рр. – Хмельницький : ХНУ, 2011. – С. 7-8. *Особистий внесок: постановка завдань, розробка інтерфейсу бази даних, наповнення бази даних, висновки.*

52. Захаркевич О. В. Побудова узагальненого технічного ескізу типологічного ряду жіночих плечових виробів / О. В. Захаркевич // IV Україно-польські наукові діалоги : тези наукових праць міжнародної наукової конференції, 11–14 жовтня 2011 р. – Яремче : ХНУ, 2011. – С. 123-125.

53. Волинець О. О. Порівняльна характеристика вартості САПРО / О. О. Волинець, О. В. Захаркевич // Тези доповідей X Всеукраїнської наукової конференції молодих учених та студентів «Наукові розробки молоді на сучасному етапі», 19–20 квітня 2011 р. – Київ : КНУТД, 2011. – Т. I. – С. 100. *Особистий внесок: постановка завдань, аналіз результатів, висновки.*

54. Гречана М. В. Методи побудови силуетної форми виробу у процесі тривимірного проектування / М. В. Гречана, О. В. Захаркевич // Тези доповідей X Всеукраїнської наукової конференції молодих учених та студентів «Наукові розробки молоді на сучасному етапі», 19–20 квітня 2011 року. – Київ : КНУТД, 2011. – Т. I. – С. 103-104. *Особистий внесок: постановка завдань, узагальнення результатів.*

55. Захаркевич О. В. Особливості сегментації виробів-трансформерів / О. В. Захаркевич // Розвиток країн в умовах глобалізації: технологічні, економічні, соціальні та екологічні проблеми : матеріали Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції 15–16 березня 2012 р. – Тернопіль : Крок, 2012. – Ч. 1. – С. 160-162.

56. Форсюк К. М. Типова модельна конструкція двобічного виробу / К. М. Форсюк, О. В. Захаркевич // Тези доповідей XI Всеукраїнської наукової конференції молодих учених та студентів «Наукові розробки молоді на сучасному етапі», 19–20 квітня 2012 р. – Київ : КНУТД, 2012. – Т. I. – С. 89. *Особистий внесок: формулювання ідеї, постановка завдань, висновки.*

57. Захаркевич О. В. Дослідження ланцюгів перетворення жіночого верхнього плечового одягу / О. В. Захаркевич, А. В. Почупрін // Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості : збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції молодих вчених та студентів, 23–25 жовтня 2013 р. – Хмельницький : ХНУ, 2013. – С. 20-21. *Особистий внесок: формулювання ідеї, статистична обробка даних, узагальнення результатів.*

58. Почупрін А. В. Експертні системи у швейній промисловості / А. В. Почупрін, О. В. Захаркевич // Тези доповідей Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених та студентів «Наукові розробки молоді на сучасному етапі», 25–26 квітня 2013 р. – Київ : КНУТД, 2013. – С. 42-43. *Особистий внесок: постановка завдань, висновки.*

59. Захаркевич О. В. Основні підходи до розробки імітаційної моделі процесу конструкторської підготовки швейного виробництва / О. В. Захаркевич, У. Ф. Бабич // Сучасні тенденції розвитку промисловості : тези наукових праць I міжнародної Інтернет-конференції, 3–4 квітня 2014 р. – Хмельницький : ХНУ, 2014. – С. 121-125. *Особистий внесок: постановка завдань, узагальнення результатів.*

60. Боднар Г. І. Встановлення вагомих властивостей підкладки для жіночого верхнього одягу / Г. І. Боднар, Т. Г. Шаран, О. В. Захаркевич // Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості : збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції молодих вчених та студентів, 22-24 жовтня 2014 р. – Хмельницький : ХНУ, 2014. – С. 110-111. *Особистий внесок: формулювання ідеї, обробка експериментальних даних, висновки.*

61. Карбовська Г. Б. Математична модель масштабування для отримання конструкцій одягу різних видів / Г. Б. Карбовська, О. В. Захаркевич // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 20-й річниці створення Мукачівського державного університету «Актуальні проблеми наукового й освітнього простору в умовах поглиблення євроінтеграційних процесів» (14–15 травня 2015 р.). – Мукачєво : МДУ, 2015. – С. 319-321. *Особистий внесок: формулювання ідеї, розробка математичної моделі, висновки.*

62. Zaxharkevich O. V. Methods of design of the different garments types / O. V. Zaxharkevich // VI Ukrainian-Polish Scientific Dialogues: Conference Proceedings. International Scientific Conference, 21–24 October 2015, Khmelnytsky (Ukraine). – Khmelnytsky National University, 2015. – P. 58-60.

63. Карбовська Г. Б. Алгоритм способу масштабування для отримання конструкцій різних видів одягу / Г. Б. Карбовська, О. В. Захаркевич // Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості : збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції молодих вчених та студентів, 22–24 жовтня 2015 р. – Хмельницький : ХНУ, 2015. – С. 36-37. *Особистий внесок: формулювання ідеї, планування експерименту, узагальнення результатів.*

64. Андрусевич О. Визначення показників шорсткості текстильних матеріалів / О. Андрусевич, О. Панчишина, О. Онищук, А. Л. Славінська, О. В. Захаркевич // Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості : збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції молодих вчених та студентів, 22–24 жовтня 2015 р. – Хмельницький : ХНУ, 2015. – С. 61-62. *Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, висновки.*

65. Захаркевич О. В. Дослідження конфігурації ліній членувань рукавів у виробках-трансформерах / О. В. Захаркевич // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасний стан легкої і текстильної промисловості: інновації, ефективність, екологічність», 28–30 жовтня 2015 р. – Херсон : вид-во ХНТУ, 2015. – С. 25-26.

66. Захаркевич О.В. Дослідження взаємозв'язку між параметрами сегментів деталей стану та рукава жіночого плечового виробу / О. В. Захаркевич // Тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасний стан легкої і текстильної промисловості: інновації, ефективність, екологічність», 27–28 жовтня 2016 р. – Херсон, 2016. – С. 62-64.

67. Захаркевич О. В. Вибір стратегії синтезу ланцюгів перетворення модельних рішень різновидів виробів / О. В. Захаркевич, А. Л. Славінська // Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості : тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції молодих вчених та студентів, 17–18 листопада 2016 р. – Хмельницький : ХНУ, 2016. – С. 74-75. *Особистий внесок: формулювання ідеї, розв'язок антагоністичних матричних ігор, висновки.*

68. Захаркевич О. В. Система інтелектуальної підтримки роботи конструктора / О. В. Захаркевич, А. Л. Славінська // Міжнародна конференція «VII Українсько-польські наукові діалоги», присвячена пам'яті професора Юрія Шалапка, 18–21 жовтня 2017 р. – Хмельницький : ХНУ, 2017. – С. 166-168. *Особистий внесок: формулювання ідеї, наповнення бази знань системи, узагальнення результатів.*

69. Захаркевич О. В. Послідовність масштабування для отримання конструкцій швейних виробів у системі автоматизованого проектування / О. В. Захаркевич // Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасний стан легкої і текстильної промисловості: інновації, ефективність, екологічність», 2017 р. – Херсон, 2017. – С. 46-48.

70. Захаркевич О. В. Інтелектуальна система вибору параметрів базової конструкції виробу / О. В. Захаркевич, А. Л. Славінська, М. Колесник // Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості : тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції молодих вчених та студентів, 16–17 листопада 2017 р. – Хмельницький : ХНУ, 2017. – С. 234-236. *Особистий внесок: формулювання ідеї, формування продукційної моделі, наповнення бази знань системи, висновки.*

АНОТАЦІЯ

Захаркевич О. В. Розвиток наукових основ забезпечення гнучкості конструкторсько-технологічної підготовки швейного виробництва із застосуванням експертних систем. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.19 – технологія текстильних матеріалів, швейних і трикотажних виробів. – Хмельницький національний університет. – Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, 2018.

Робота присвячена проблемі гнучкої переорієнтації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва із застосуванням експертних систем. Розроблено прототип експертної системи гнучкої переорієнтації швейного виробництва та сформовано продукційну модель бази знань системи. Обґрунтовано математичний апарат неоднорідного масштабування для отримання конструкцій різних видів виробів. Розроблено механізм гнучкої переорієнтації швейного виробництва з використанням ланцюгів перетворення на основі технології багатоальтернативного проектування. Розроблено концепцію функціонування імітаційної моделі процесу конструкторської проробки ланцюга перетворення модельних рішень одягу. Розроблено інформаційне забезпечення процесу трансформації конструктивно-технологічних рішень виробів-трансформерів. Теоретично обґрунтовано метод сегментації деталей виробів-трансформерів. Формалізовано морфологічні перетворення функціональних вузлів двобічних плечових виробів.

Ключові слова: гнучка переорієнтація, типологічний ряд, різновид виробу, виріб-трансформер, двобічний виріб, трансформуючі елементи, експертна система, база даних, імітаційна модель, функціональний вузол, коефіцієнт масштабування.

АННОТАЦИЯ

Захаркевич О. В. Развитие научных основ обеспечения гибкости конструкторско-технологической подготовки швейного производства с использованием экспертных систем. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.19 – технология текстильных материалов, швейных и трикотажных изделий. – Хмельницкий национальный университет. – Херсонский национальный технический университет, г. Херсон, 2018.

В диссертации решена научно-техническая проблема гибкой переориентации конструкторско-технологической подготовки швейного производства с применением экспертных систем. Впервые обоснована последовательность формирования типологических рядов и цепей преобразования модельных решений одежды с использованием критериев непрерывности, предусматривающие преобразования типовых деталей изделий и их возможных вариантных конструктивно-технологических

решений. Сформирована номенклатура цепей преобразования разновидностей изделий женской верхней одежды на основе структурно-логической модели типологического ряда. В качестве основного принципа эвристического проектирования подмножеств типологического ряда на основе цепей преобразования выбран принцип универсальности, что позволило сформировать продукционную модель базы знаний автоматизированной системы с элементами искусственного интеллекта.

Разработана методика определения параметров шероховатости текстильных материалов и скрипты для обработки сканированных изображений образцов ткани в среде Rhinoceros. Для обеспечения технологического предвидения развития ассортимента швейных изделий на основе комбинирования событий и тенденций разработан методологический подход к гибкой переориентации швейного производства с использованием цепей преобразования на основе технологии многоальтернативного проектирования одежды с использованием адаптированного гибкого приема учета времени в задачах модифицированного метода морфологического анализа при принятии решения в процессе эвристического проектирования.

Впервые решен вопрос анализа производственной системы в процессе гибкой переориентации производства швейных изделий путем имитационного моделирования в среде Arena процесса конструкторской проработки цепей преобразования разновидностей изделий, которое отражает особенности разработки швейного изделия с момента получения заказа до формирования пакета конструкторской документации на модель изделия.

Обосновано применение неоднородного масштабирования для получения конструкций различных видов одежды и построения виртуальной формы изделия операциями неоднородного масштабирования. Расчет коэффициентов масштабирования автоматизирован.

Разработано информационное обеспечение процесса трансформации конструктивно-технологических решений изделий-трансформеров. Теоретически обоснован метод сегментации деталей изделий-трансформеров. Функциональные узлы изделий цепей преобразований представлены в виде разработанных: унифицированных схем построения совместных подкладок для карманов в двусторонних изделиях, каталога конструктивно-технологических решений карманов, конструктивно-технологического решения плечевой накладки двустороннего изделия и виртуальной модели двустороннего капюшона.

Разработан прототип экспертной системы гибкой переориентации производства женской верхней одежды на основе оболочки экспертной системы «Рапана». Промышленная апробация подсистем экспертной системы и внедрения методов получения конструкций различных видов

изделий операциями масштабирования показала возможность сокращения срока разработки конструкторской документации на 53,9 %.

Ключевые слова: гибкая переориентация, типологический ряд, разновидность изделия, изделие-трансформер, двустороннее изделие, трансформирующие элементы, экспертная система, база данных, имитационная модель, функциональный узел, коэффициент масштабирования.

ABSTRACT

Zakharkevich O. V. Development of Scientific Fundamentals to Ensure the Flexibility of Clothing Design using Expert Systems. – Manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Technical Science in the subject area 05.18.19 – technology of textiles, sewing and knitted garments. – Khmelnytskyi national university. – Kherson national technical university, Kherson, 2018.

This work is devoted to ways of ensuring the flexibility of clothing design process by using expert systems. A prototype of expert system of rapid change in clothing design was developed. Sequences to form the typological ranges and transformation chain were developed. The principles of heuristic clothing design based on typological ranges and transformation chains were grounded.

Mathematical apparatus of non-uniform scaling and conditions of its using in order to construct various garment types are grounded. Methodological approaches to the rapid changes in clothing design based on the technology of multi-alternative clothing design were developed. The concept of simulation model of clothing design process was developed. Information grounding of the transformation process of design solutions of transformable garments was developed. The method of transformable garments segmentation, which is based on established interrelationships between parameters of segments, is theoretically grounded. Mathematical model of the dividing lines of sleeve was developed. Morphological transformations of functional parts of reversible garments were formalized making the further premises to virtualizing the design of untypical clothes. Verification of the experimental results was conducted by assessment of the fitting quality of garments, which were designed based on the work of the expert system.

Keywords: rapid change, typological range, garment type, transformable clothing, reversible clothing, transforming elements, expert system, database, simulation model, functional part, scale factor.

Підписано до друку 04.09.2018. Формат 30 × 42/4.
Ум. друк. арк. – 1,9. Обл.-вид. арк. – 2,0.
Наклад 100 прим. Зам. № 162/18, 2018

Редакційно-видавничий центр ХНУ
29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1
Свідоцтво про внесення в Державний реєстр,
серія ДК № 4489 від 18.02.2013 р