

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**  
**Удосконалення машини для формування верху**  
**ВЗУТТЯ**

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»  
Шифр, назва  
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»  
Шифр, назва  
Освітня програма «Робототехнічні та мехатронні системи галузі»

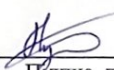
Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 3 курсу  
група РМс-21-2

  
Підпис


В.Ю. Ліхоткін  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

С.І. Пундик  
Ініціали, прізвище

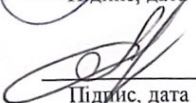
Нормоконтролер

  
Підпис, дата

доц. Тимошук О.  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри МАЕЕС

  
Підпис, дата

проф. О.С. Поліщук  
Ініціали, прізвище

20 06 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і назва

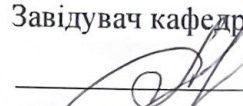
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Шифр і назва

Освітня програма Робототехнічні та мехатронні системи галузі

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

  
20.06.2024

ЗАВДАННЯ  
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ліхоткін Владислав Юрійович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Удосконалення машини для формування верху взуття

керівник роботи Пундик Сергій Іванович

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 02 2024 р. № 8

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 20.06.2024

3. Вихідні дані до роботи характеристики машини для формування верху взуття

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи. 2. Розробка розсувної колодки. 3. Розрахунок вузлів машини для формування верху взуття. Висновки. Перелік джерел посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Машини для формування верху взуття (ДО, А1). 2. Машина для об'ємного формування (ВЗ, А1). 3-4. Колодка розсувна (СК, А1). 5. Колодка розсувна (С2, А1).



## АНОТАЦІЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи студента  
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

1. Прізвище, ім'я та по батькові Ліхоткін Владислав Юрійович
2. Тема бакалаврської роботи Удосконалення машини для формування верху взуття
3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента Мисю В.В., к.т.н.
4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 56

5. Більшість взуттєвих підприємств України оснащені обладнанням, що випускається зарубіжними фірмами. Ті, хто продовжує випускати взуття на вітчизняних машинах, відчують труднощі зі збутом продукції через її неконкурентоспроможність на ринку, високу собівартість виробництва. Всі перераховані недоліки виникають через знос обладнання, недосконалість його технології, складність його переходу до частих оновлень асортименту продукції. Висока вартість машин, а також їх запасних частин не завжди дає можливість підприємствам придбати такі машини в наших економічних умовах. В бакалаврській роботі здійснюється розробка розсунної колодки, що є актуальним для використання, як малого бізнесу, так потужних виробництв. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень з тематики бакалаврської роботи, а саме способи формування заготовок верху взуття та технологічне обладнання для об'ємного формування заготовок верху взуття. В другому здійснюється розробка розсунної колодки. В третьому розділі проведено розрахунки вузлів машини для формування верху взуття.

Підпис студента Ліхоткін

"20" 06 2024 р.

### РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 1 від "26" 06 2024 р.

Оцінка проекту ЕК задовільно / D  
Рекомендації ЕК —



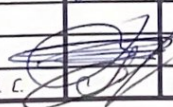
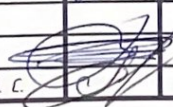
Особливі відмітки —

Технічний секретар Бурек А.В.

"26" 06 2024 р.

## ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	6
1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи.....	8
1.1 Способи формування заготовок верху взуття.....	8
1.2 Огляд технологічного обладнання для об'ємного формування заготовок верху взуття.....	9
Висновки до першого розділу.....	19
2 Розробка розсувної колодки .....	20
2.1 Розробка кінематичної схеми машини .....	20
2.2 Розробка пневмоприводу .....	22
2.3 Розробка конструкції шатуна .....	23
2.4 Технологічний процес .....	27
Висновки до другого розділу.....	29
3 Розрахунок вузлів машини для формування верху взуття.....	31
3.1 Розрахунок технологічних зусиль при об'ємному формуванні та визначення параметрів виконавчого пневмоциліндра .....	31
3.2 Розрахунок швидкодії пневмоциліндра витяжки .....	39
3.3 Розрахунок нагрівальних елементів.....	45
3.4 Розрахунок продуктивності машини .....	47
3.5 Розрахунок на міцність механічних деталей конструкції .....	48
Висновки до третього розділу .....	51
Висновки.....	52
Перелік джерел посилань .....	54

<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Ліхоткін В. Ю.				4	56
Перевір.		Пундик С. І.			ХНУ зр. РМС-21-2		
Реценз.							
Н. Кантр.							
Затверд.		Поліщук О. С.					

Удосконалення машини для формування верху взуття

Додатки

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Ефективність промислового розвитку, заснованого на науково-технічному прогресі, і темпи економічного зростання у вирішальній мірі залежать від машинобудування. Тут втілюються науково-технічні ідеї, створюється нове обладнання і механічні системи, які визначають прогрес інших галузей промисловості. Це створює основу для широкого доступу до радикально нових, ресурсозберігаючих і безвідходних технологій, підвищення продуктивності праці та якості продукції. 1. Таким чином, однією з основних ланок економічної та соціальної стратегії є пріоритетний розвиток машинобудування.

Згідно зі статистикою, знос обладнання на вітчизняних промислових підприємствах становить 70-75%. У легкій промисловості технічне оснащення застаріло не тільки морально, а й фізично. Коли ступінь зносу обладнання становить 50%, настає загальновизнаний поріг економічної безпеки підприємства. Ці цифри свідчать про необхідність розвитку виробничої і технологічної бази для випуску конкурентоспроможної продукції і зниження витрат виробництва. Основними завданнями у взуттєвій промисловості повинні стати оновлення продукції, що випускається, підвищення технічного рівня і організації виробництва, нарощування виробничих потужностей.

Збільшення виробництва взуття з підвищенням якості і розширенням асортименту можливо тільки за умови перебудови більшості взуттєвих підприємств, будівництва нових фабрик, оновлення обладнання, переходу на прогресивну роботу, підвищення продуктивності праці, використання передових технологій, придбання передового досвіду, суворе дотримання технічної дисципліни.

Багато зарубіжні компанії, такі як Shen; Pfaff; Fortuna (Німеччина); Sideco (Італія); USM (Австрія); Envère (Франція); mir (Чехія); Satra

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

(Великобританія), займаються створенням і вдосконаленням обладнання для виробництва взуття.

Більшість взуттєвих підприємств в Україні оснащені обладнанням іноземних компаній. Люди, які продовжують виробляти взуття на вітчизняних верстатах, зазнають труднощів з реалізацією продукції через неконкурентоспроможність на ринку, високу собівартість виробництва. Всі ці недоліки виникають через знос обладнання, технічних дефектів і складнощів при переході до частого оновлення асортименту продукції. Компанії, де основний парк побудований на обладнанні іноземних компаній, також зазнають труднощів. Висока вартість верстата і запасних частин до нього не завжди дозволяє компаніям купувати такі верстати в економічних умовах.

Операція внутрішнього лиття взуттєвих заготовок обладнана висувними накладками, виготовленими в 60-х і 70-х роках минулого століття. У дипломному проекті поставлено завдання, крім поздовжнього переміщення, поперечного переміщення деталей колодки для взуття рівномірно розподілити розтягує деформацію заготовки верху взуття, для цього розробити конструкцію витяжного механізму і загальний зовнішній вигляд верстата для формування обсягу заготовки верхньої частини черевика, кінематична схема ковзного блоку, виконавча необхідно розробити пневматичну схему управління циліндром насоса.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

# 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ З ТЕМАТИКИ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

## 1.1 Способи формування заготовок верху взуття

При формуванні заготовки верху взуття використовуються послідовні, паралелепіпедическіє методи обробки, з використанням різних виконавчих інструментів, таких як плоскогубці, пластини, ролики, скоби, накладки для ковзання, прес-форми і т. д.

Всі методи формування можна розділити на 3 види, в залежності від того, як прикладається зусилля:

- зовнішній;
- внутрішній;
- комбінований.

Формування верхньої частини взуття цими особами може здійснюватися заздалегідь або без попереднього формування деталей або вузлів заготовки.

Попереднє формування деталей і вузлів заготовки полегшує виконання наступних операцій, збільшує деформацію матеріалу, що призводить до зменшення розміру чистої площі деталі, а також підвищує стабільність форми взуття.

На взуттєвому підприємстві п'яткової частини заготовки попередньо надають форму з попередньо розігрітою термопластичної підкладкою, яка після вставки формується на металевому пуансоні, який витягує заготовку в поздовжньому напрямку механічними щипцями. В Україні та інших країнах набуває поширення попереднє формування передньої частини заготовки (союзки, переда) до або після збирання її.

При зовнішньому формуванні найпоширенішим методом обробки є тривалий процес (послідовний або паралелепіпедний), який виконується за допомогою плоскогубців, пластин або роликів.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Заготівлі надають форму черевика з подальшим закріпленням кріпильного кінця устілки за допомогою текстури, дротяної дужки або клею.

При зовнішньому способі паралельний (без натягу) Спосіб формування здійснюється внутрішнім ковзаючим блоком з використанням пластин, скоб, щічок або шнура.

При комбінованому способі заготівля формується за допомогою плоскогубців, пластин обважнювача і ковзних блоків.

Залежно від конструкції передньої частини заготовки і характеру обробки її довгих сторін використовуються різні способи формоутворення і пристосування.

Характер обробки подовжених кромки робить істотний вплив на Спосіб формування. Кромки для кріплення можуть бути вільними (звичайні заготовки для обважнення методом формування) або з нанесеними швами, які обмежують ступінь деформації. В об'ємній заготівлі кріпильний край з'єднаний з основою або устілкою і утворений ковзаючим блоком.

## 1.2 Огляд технологічного обладнання для об'ємного формування заготовок верху взуття

Деталі верху взуття отримують шляхом вирізання плоского матеріалу. Після складання деталей на швейній машині виходить порожній верх взуття. Технічний процес виготовлення взуття передбачає формування заготовок верху для додання об'ємної форми. Зовнішній вигляд взуття і стабільність її розміру залежать від якості процесу формування. Надання просторової форми заготівлях взуття, що складається з плоских деталей, супроводжується різними видами деформації матеріалу, основним з яких є розтягнення. Завдяки сітчастій структурі шкіри взуття, при розтягуванні в одному напрямку її розмір зменшується по вертикалі, а плоска заготівля зберігає форму поверхні, на якій вона в даний момент перебувала.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Існує 3 способи формування, в залежності від способу застосування розтягує навантаження до заготівлі і стану стягує кромки, які можуть бути закріплені на робочій частині формувальної машини з різним ступенем свободи.:

- формування на розтягнення;
- витяжне формування;
- комбіноване формування.

При формуванні на розтяг інструмент управління верстата виконує одночасне розтягнення заготовки в напрямку, перпендикулярному контуру. Матеріал розтягується в одному напрямку і стискається в напрямку, перпендикулярному один одному.

При формуванні методом витяжки заготівля вдавлюється в матеріал, міцно фіксується по контуру і закріплюється пуансоном або прокладкою. Поєднання контуру пуансона або прокладки з верхньою частиною заготовки відбувається за рахунок значного розтягування в напрямку, перпендикулярному один одному.

При комбінуванні використовуються перші 2 методи. Стягуючий кінець затиску фіксується з меншим ступенем прилягання при одночасному розтягуванні, ніж це необхідно для поперечного обтиснення матеріалу заготовки.

Для формування верхніх деталей використовуються наступні робочі інструменти: плоскогубці, пластини, штампи, упори, ролики. Залежно від комбінації робочих інструментів формування заготовки може здійснюватися будь-яким з 3-х вищевказаних способів.

Структурна схема класифікаційної структури колодки для взуття показана наступним чином рисунку 1.1.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

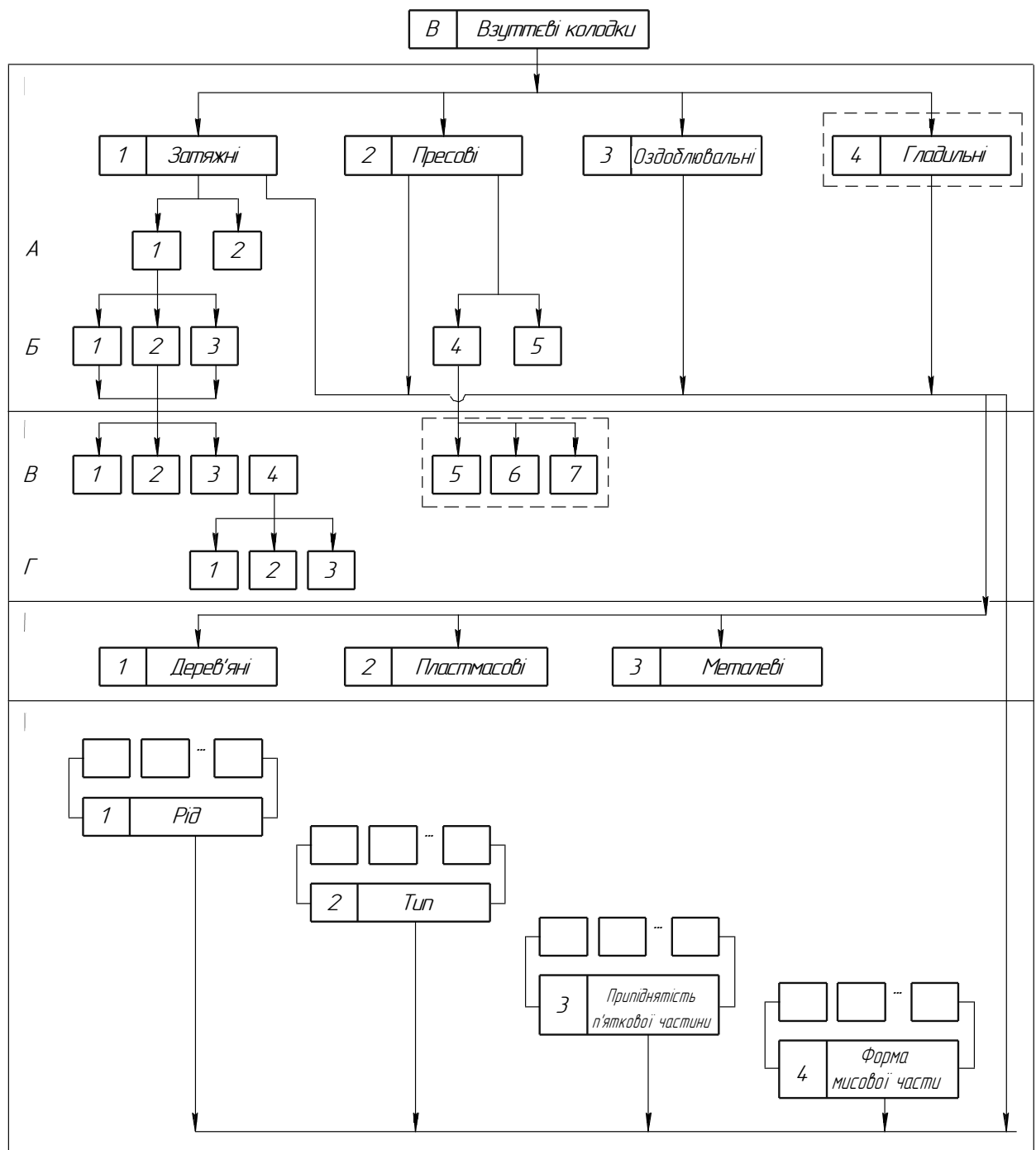


Рисунок 1.1 – Класифікаційна структура колодок

Класифікаційні ознаки такі: *I* – технологічне призначення, *II* – конструкція, *III* – матеріал, *IV* – асортиментне призначення.

Підрівень А: 1 – для зовнішнього формування, 2 – для внутрішнього формування.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Підрівень Б: для затягування: 1 – глухий, 2 – рантовий, 3 – клейовий, 4 – для лиття низу на взутті, 5 – для гарячої вулканізації низу на взутті.

Підрівень В : 1 - цілісні, 2 - з випиляним клином, 3 - зчленовані, 4 - розсувні, 5 - незнімні, 6 - знімні, 7 - формувально-пресові.

Підрівень G: 1 - фігурні або прямі надрізи і поздовжнє переміщення вперед і назад, 2 - кругові надрізи від п'яти до носка і поздовжнє переміщення назад, 3-кругові або фігурні надрізи від носка до п'яти і поздовжнє переміщення вперед при ковзанні назад.

У даній статті основною конструкцією взуття є розсувні черевики, які будуть розглянуті в наступному розділі. Необхідно звернути увагу на матеріали, використовувані при виготовленні розсувних колодок. Розсувна колодка виготовлена з дерева. Накладки з нековзною шкарпеткової або п'яткової частинами виготовляються з легких сталевих сплавів, найчастіше з силуміну. Оскільки вони є частиною конструкції, їх можна використовувати для формування верху і кріплення низу до взуття шляхом лиття, формування в рідині і термічної сульфурізації.

При внутрішньому формуванні до заготовки прикріплюються устілки з тканини, шкіряної підкладки, дубльованої тканини або твердої підкладки. Направляючий блок вставляється в об'ємну заготовку (панчіх) в неробочому стані. Блок приводиться механізмом в робоче положення, всі його розміри рівні розмірам, встановленим ДСТУ, і тому блок встановлюється на оброблювану деталь.

При проектуванні деталей верхньої заготовки внутрішнього формованого взуття слід враховувати необхідну деформацію. Рекомендується зменшити розміри частин носка і пучка не менше ніж на 5% у всіх напрямках, а довжину халяви і п'яткової частини - на 5%, але не змінювати ширину.

Верхня заготовка нерівномірно деформується при формуванні накладки ковзання. На характер розподілу деформації впливають тип і конструкція

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

верхньої заготовки, конструкція формованого блоку і показники фізико-механічних властивостей матеріалу.

Використовуючи метод внутрішнього формування, рекомендується обробляти заготовки у верхній частині просторової форми, так як деформація розподіляється більш рівномірно, отже, можна зменшити розміри деталей у великих кількостях під час проектування. Якщо ви використовуєте заготовки з напівплоским верхом, вам необхідно попередньо сформувати з'єднання за допомогою спеціальної машини.

На характер розподілу деформації великий вплив надає конструкція формованого блоку, яка повинна відповідати технічним і конструктивним вимогам. Всі технологічні вимоги зводяться до забезпечення рівномірного і достатнього розтягування матеріалу заготовки при збереженні основних розмірів, а вимоги до дизайну полягають у створенні простої конструкції блоку з достатніми обмеженнями за розміром і тривалим терміном служби.

Існує 3 важливих види формувальних майданчиків:

- Фігурного або прямого крою, з поздовжнім переміщенням спереду і ззаду (рис. 1). 1.2, А) ;

- З круговим розрізом від п'яти до носка, з поздовжнім переміщенням задньої частини при ковзному дугоподібному переміщенні передньої частини (рис. 1). 1.2, б);

- Поздовжнє переміщення передньої частини і ковзний рух задньої частини з круговими або фігурними розрізами від миска до п'яткової частини (рис. 1). 1.2, в).

Механізм розсовування накладок і механізм з'єднання різні.

Прокладки першого типу (конструкція ЦНПКП) використовуються для формування об'ємних заготовок на верхній частині з м'якою устілкою з механізмом, який розсовує їх на 9 мм в поздовжньому напрямку. Для формування об'ємних заготовок на верху з жорсткою устілкою або підкладкою

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

більше підходить прокладка 2-го типу (дизайн ЦНПКП і Кременчуцької взуттєвої фабрики) або 3-го типу (дизайн Укрндікп).

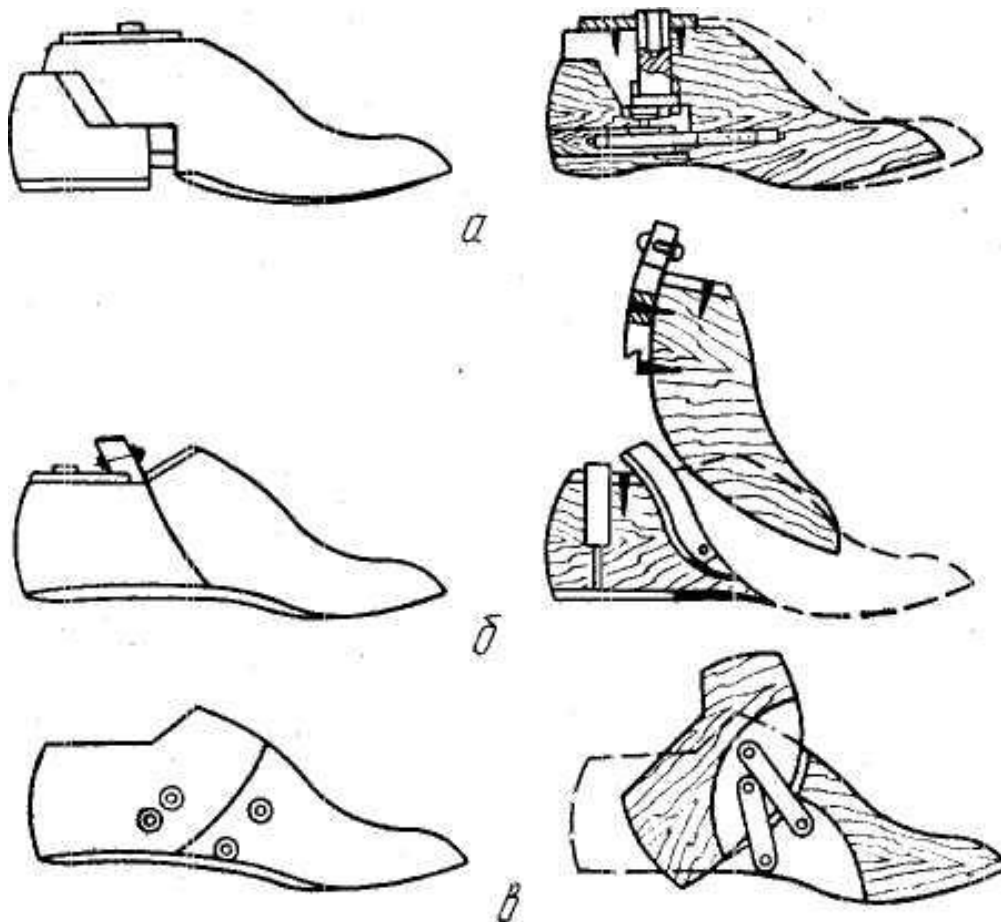


Рисунок 1.2 – Види розсувних колодок

Для внутрішнього формування верхньої заготовки потрібен ретельний підбір матеріалу верху з точки зору щільності і подовження, а також дотримання напрямку розкрою верху, підкладки і особливо м'якої устілки. Подовжня вісь устілки повинна збігатися з напрямком мінімального розтягування тканини або дублюючого матеріалу. У верхній системі устілок останній повинен бути найменш в'язким. Тільки за цієї умови можливе гарне формування.

В якості верхньої частини черевика внутрішньої форми, переважно виростка, використовується напівкомбінезон, а для індивідуальної структури верхньої заготовки - шеврон, велюр, дубльована вовняна і бавовняна тканина.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

14

Для підкладки використовуються тиковий саржа, коса, підкладкова шкіра і щільна тканина (в основному шнур), незалежно від товщини верхнього матеріалу. М'яка устілка виготовлена з 3-х і 2-х шарової кілзи, дубльованої тикової саржею, а в деяких випадках і з підкладкової шкіри з тикової саржею. Дубльована тканина надає устілок велику міцність і однакову пластичність в поздовжньому і поперечному напрямках.

Внутрішнє формування заготовки використовується при виготовленні взуття методом кріплення рантом (рисунок 1.3 а), доппелем (рисунок 1.3, б), клеєм (рисунок 1.3, в), лінійним клеєм (рисунок 1.3, г) і термічною вулканізацією (рисунок 1.3, е).

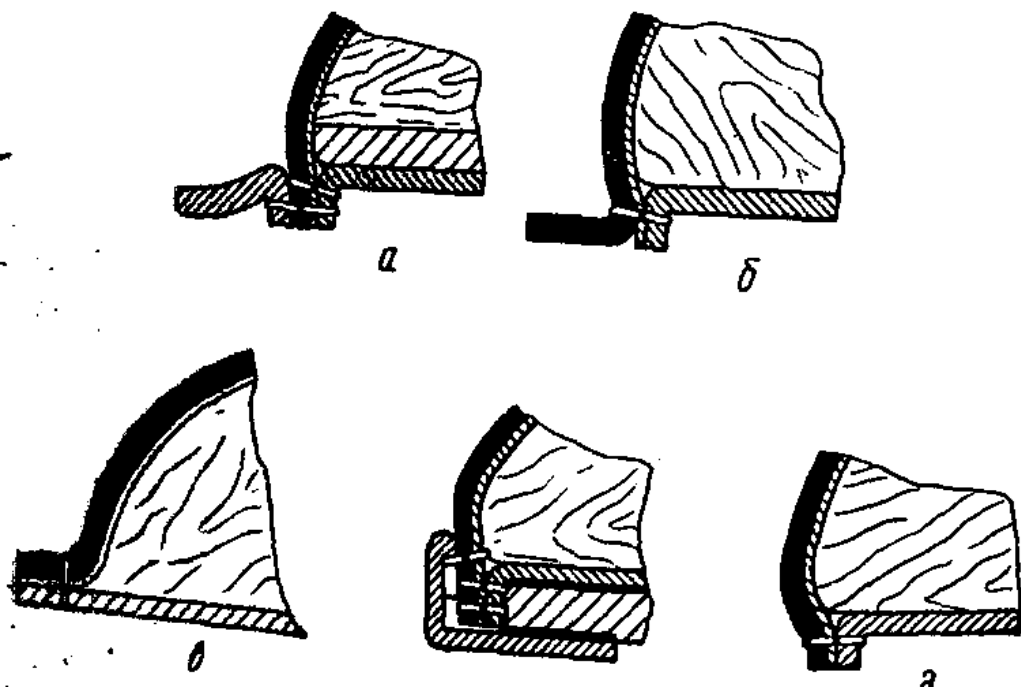


Рисунок 1.3 – Схеми внутрішнього формування заготовок різних способів затиску

Цей спосіб в даний час в основному використовується при виготовленні домашнього взуття, так як дуже важко домогтися великої деформації заготовки верху взуття при формуванні тільки ковзної накладкою.

Велику деформацію можна отримати, попередньо відформувавши верхню заготовку на спеціальному верстаті, після чого устілка закріплюється. Блок вставляється в об'ємну заготовку зверху і остаточно формується.

На думку ЦНШКП, при проектуванні верху заготовки можна забезпечити певну комбінацію деформацій матеріалу при попередньому формуванні на пуансоні, яка є оптимальною і забезпечує виготовлення взуття з високими експлуатаційними характеристиками.

Цей спосіб формування має наступні переваги перед безладним і зтяжним :

- В результаті великого і рівномірного розтягування верхньої заготовки запас міцності на розтяг відпадає або зменшується, витрата матеріалу на виготовлення взуття знижується на 8-12% %;

- Для формованого взуття не потрібно основна сушка, що скорочує виробничий цикл і потреба в довговічних колодках.;

- Поєднання і виключення багатьох технічних операцій підвищує продуктивність праці на 15-20%.

Недоліком цього способу формування є те, що він призначений для формування лівої (або правої) напівпари 2-х суміжних розмірів, що призводить до матеріальних витрат, оскільки потрібна велика кількість формувального обладнання і їх необхідно замінювати при випалюванні випалювальних подушок нового типу.

Згідно з технікою формування взуття у вигляді мокасин методом фіксуєчого склеювання, п'яткову частину верхньої заготовки попередньо формують на пуансоні разом з термопластичної підкладкою, а потім остаточно формують за допомогою прокладки. Дослідження довели, що при такій техніці поздовжня деформація верхньої заготовки розподіляється більш рівномірно, досягаючи 9-11%. Деформація верхньої частини взуття становить 3-4% в поздовжньому і поперечному напрямках.

УКРНДІКП розробив комбінований метод формування заготовок (багатоступінчастий), що складається з плоских, зтяжних, внутрішніх заготовок. Рекомендується використовувати напівплоскі заготовки і ковзаючі блоки.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

На заводі Marko співробітники гмс розробили конструкцію ковзних колодок, що приводяться в рух пневмоциліндрами. На малюнку 1.5 показана кінематична схема ковзного черевика з поздовжнім переміщенням частини п'яти щодо чашеобразной балки. Частина 1 чашоподібної балки нерухома, а частина 2 рухлива. Частина 1 чашоподібної балки прикріплена до корпусу пневмоциліндра 3 за допомогою кронштейна 4, а частина 2 чашоподібної балки з'єднана зі штоком пневмоциліндра 5 за допомогою кронштейна 4.

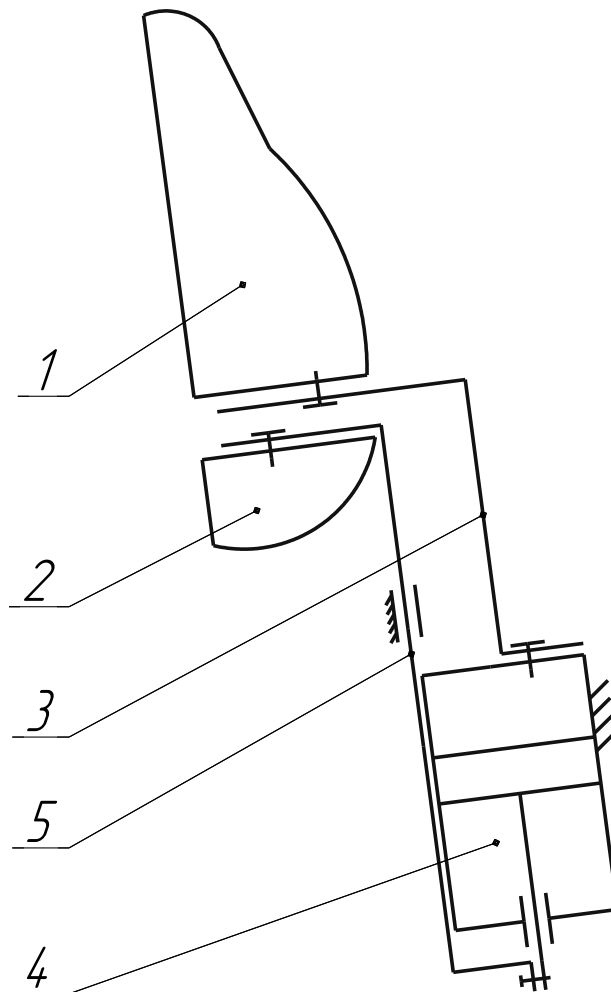


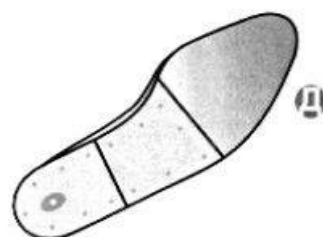
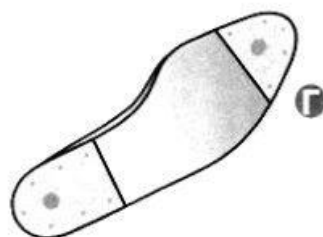
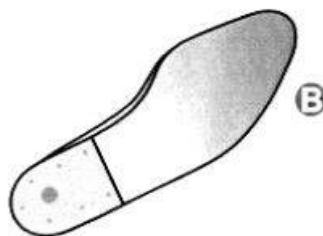
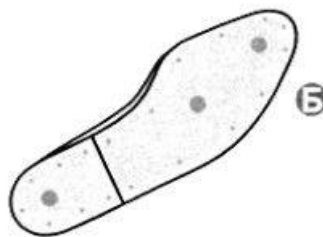
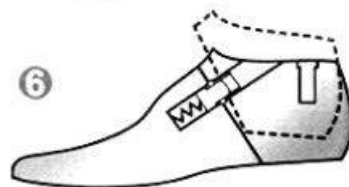
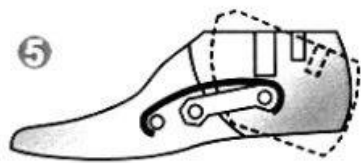
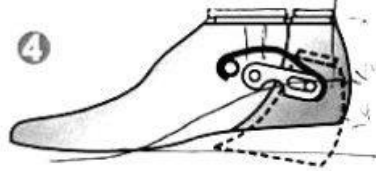
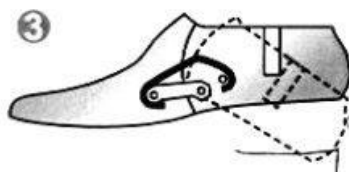
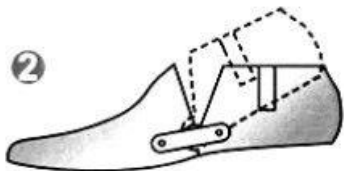
Рисунок 1.5 – Кінематична схема розсувного башмака

Формування включає в себе операцію прикріплення устілки до відкритої прокладці, закриття прокладки (скорочення довжини), затягування заготовки, глухе затягування частин п'яти і носка, відкриття прокладки (внутрішнє формування), глухе затягування корпусу. Деформація заготовки при такому

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

способі формування більше, ніж при більш тривалому використанні. Деякі приклади знімних колодок також показані на рисунку 1.4.

- ТИПИ КОЛОДОК:
- 1 - цільні;
  - 2 - роз'ємні з замком «Альфа»
  - 3 - роз'ємні з замком «Тенда»
  - 4 - колодка для прямого прилива підшви (для агрегата «Desma»)
  - 5 - колодка для прямого прилива підшви (для агрегата «Lim»)
  - 6 - спеціальний роз'єм фірми «Саламандер»



ВИКОНАННЯ СЛІДУ

- А - без пластини;
- Б - з пластинкою по всьому сліду;
- В - з пластинкою в п'ятці;
- Г - з пластинкою в п'ятці та мисі;
- Д - з пластинкою на 2/3 сліда.

Рисунок 1.4 – Приклади розсувних колодок

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Висновки до першого розділу

В даному розділі розглядається спосіб формування верхньої заготовки взуття: зовнішній, внутрішній і комбінований. Формування верхньої частини взуття зазначеними особами може здійснюватися заздалегідь або без попереднього формування деталей або вузлів заготовки. Також було встановлено, що розрізняють 3 способи формування: розтягуюче формування, витяжне формування і складене формування, в залежності від способу прикладання розтягуючого навантаження до заготівлі і стану стягуючої кромки, яка може бути закріплена на робочій частині формувальної машини.

Також була проведена перевірка технічного оснащення для об'ємного формування заготовок верху взуття та їх класифікації.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						19
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2 РОЗРОБКА РОЗСУВНОЇ КОЛОДКИ

### 2.1 Розробка кінематичної схеми машини

На рисунку 2.1 показана кінематика повзуна з поздовжнім зміщенням частини чашоподібної балки щодо п'яти. Фітинг 1 з квадратними отворами прикріплений до нерухомого фітинга з квадратним хвостовиком і має палець 3, з'єднаний з шатуном 2. Останній, у свою чергу, з'єднаний зі стрижнем 4, який діє як повзун, впливаючи на чашоподібні балкові ділянки 5 під час їх переміщення.

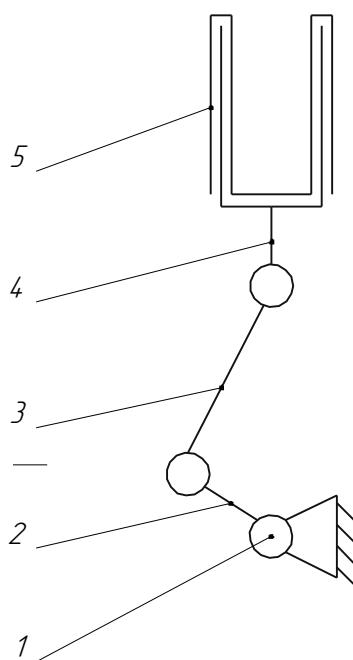


Рисунок 2.1 – Кінематична схема розсувної колодки

Розроблена конструкція (рис. 2.2) забезпечує переміщення кульової частини балки в поздовжньому і поперечному напрямках. Таким чином, технологія формування змінюється з одновісної на двовісну. Напрямок переміщення задається повзунком, вставленим в направляючу кульової

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частини 2 балки 7. Від з'єднувального стрижня штанги 4 рух передається на з'єднувальний стрижень 5, і з'єднувальний стрижень 5 діє, прикріплюючись Шарнірно до сектору частини чашеобразной балки, відповідно. Приводом в розробленій конструкції є не палець рухомого шарніра, а шток 3 пневмоциліндра 4, який закріплений частиною п'яти 1. Для завдання напрямку переміщення в конструкцію введені повзуни 8 і 9. У цьому випадку повзунок 8 вставляється в повзунок 9. Це забезпечує переміщення частини чашоподібної балки відносно п'яти і переміщення елементів частини чашоподібної балки відносно один одного.

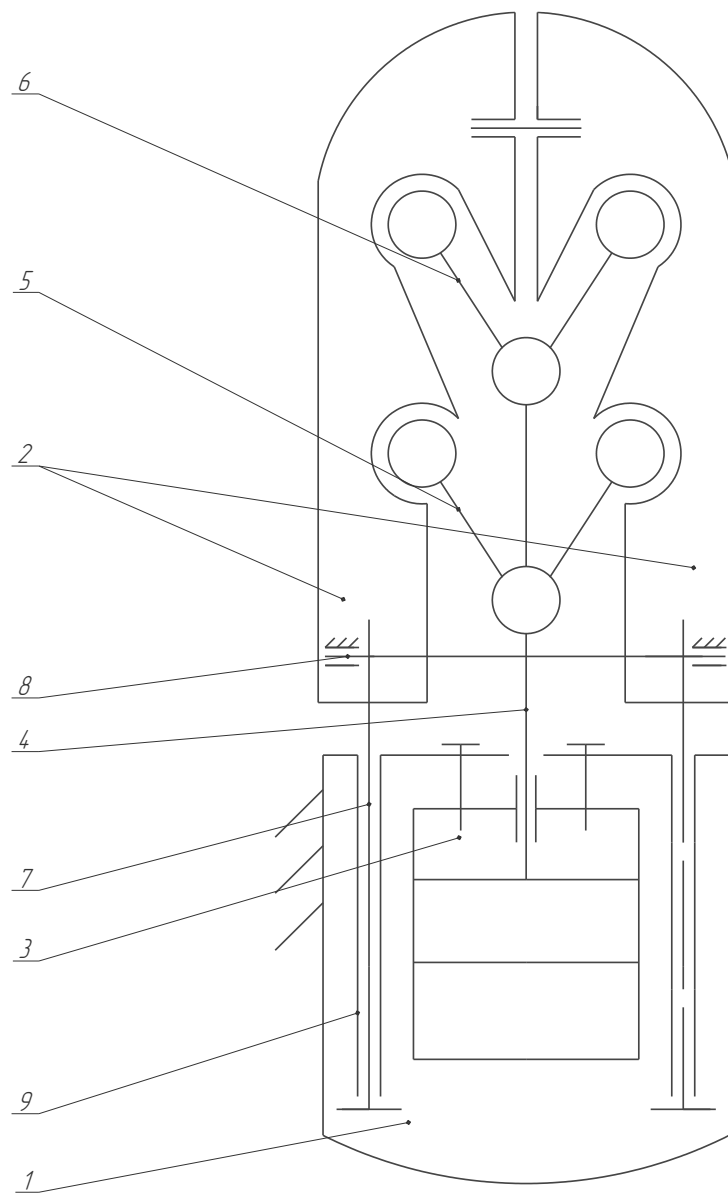


Рисунок 2.2 – Кінематична схема розсувної колодки

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

## 2.2 Розробка пневмоприводу

На рисунку 2.3 показана пневматична кінематична схема повзуна.

Основним органом є пневмоциліндр. Для його роботи потрібно підготовлене повітря, який надходить в магістраль, що веде від компресорної станції до розробляється пневмоциліндру. Клапан 7 відкриває шлях повітря. Потім повітря проходить через фільтр 8, редукційний клапан 9, маслораспылитель 15 золотникового розподільника 10 другого положення за допомогою електромагнітного управління. Ми також підключаємо пневматичний дросель 11 до робочої лінії.

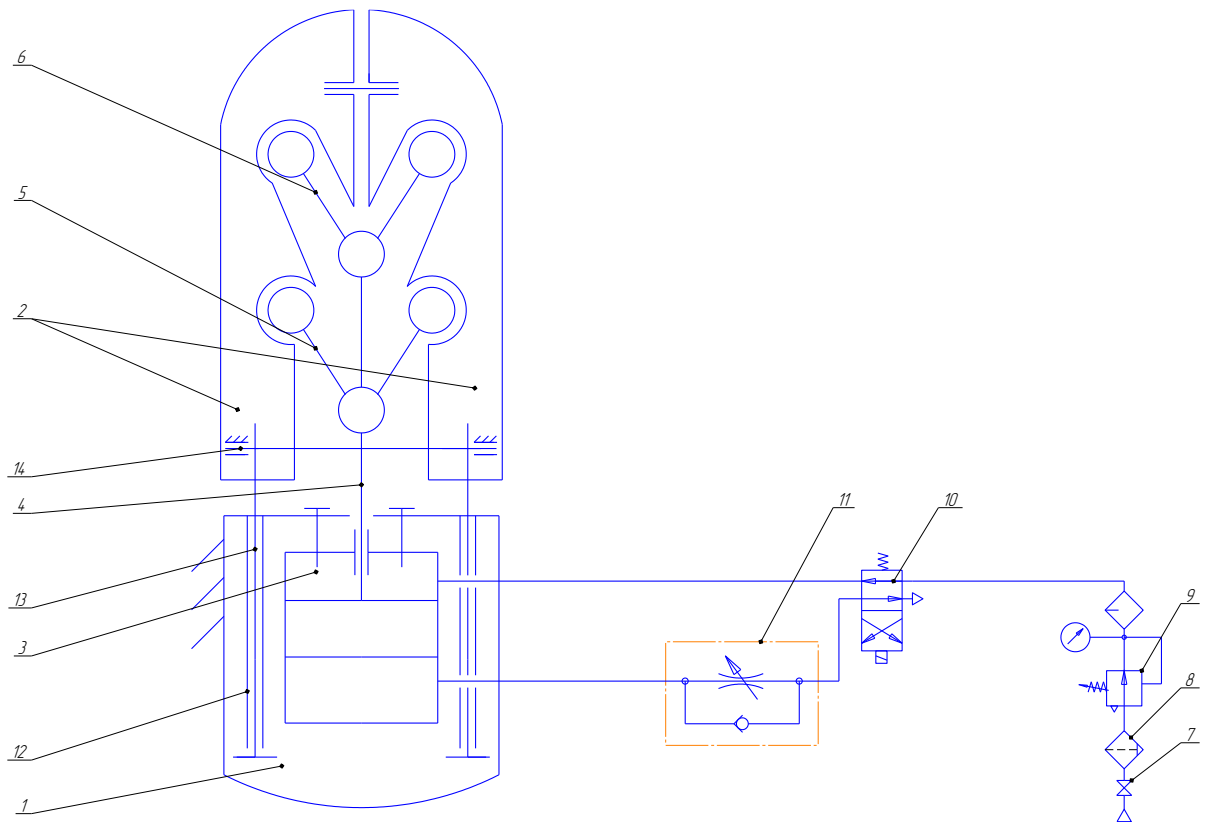


Рисунок 2.3 – Пневмо-кінематична схема керування механізму

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

22

## 2.3 Розробка конструкції шатуна

### 2.3.1 Аналіз конструкції шатуна

Композицію деталей утворюють плоска зовнішня і циліндрична внутрішня поверхні.

Під офіційним призначенням деталі розуміється найбільш складна і чітко сформульована задача, для вирішення якої деталь призначена.

Шатун призначений для перетворення обертального руху в поступальний в зворотному напрямку. Для того щоб шатун виконував своє офіційне призначення, він повинен відповідати технічним вимогам, зазначеним на кресленні.

Розрахунок розмірів виконується за трьома осями обраної системи координат (рис. 2.4).

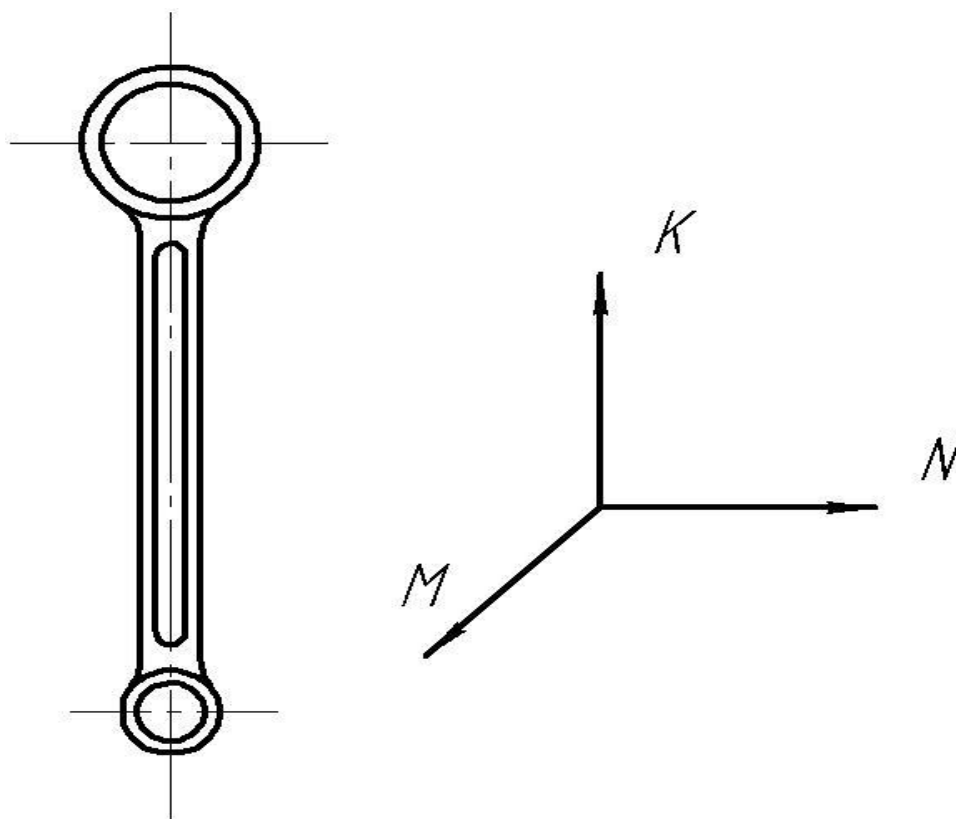


Рисунок 2.4 – Вибір системи координат. Аналіз по осі "К"

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Деталі типу "шатуни" є типовими деталями, які не мають складних поверхонь або отворів з точки зору механічної обробки. Конструкція деталей дуже проста і зручна з точки зору основи. Тому немає необхідності вносити конструктивні зміни в креслення.

Розмірний аналіз креслення проводиться для перевірки точності розмірів, їх кількості, тобто необхідності і достатності.

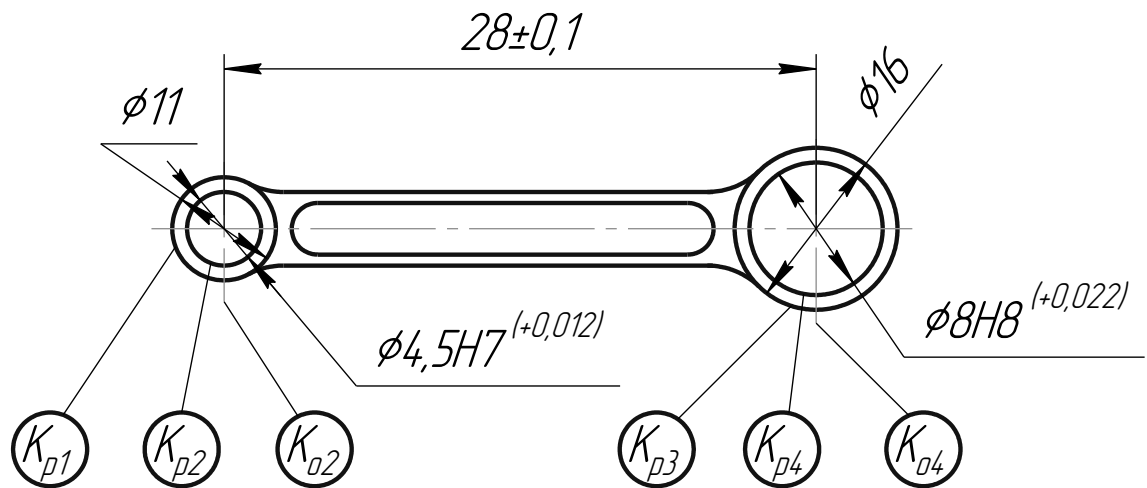


Рисунок 2.5 - Вихідний ескіз по осі К

Складаємо граф розмірних зв'язків.

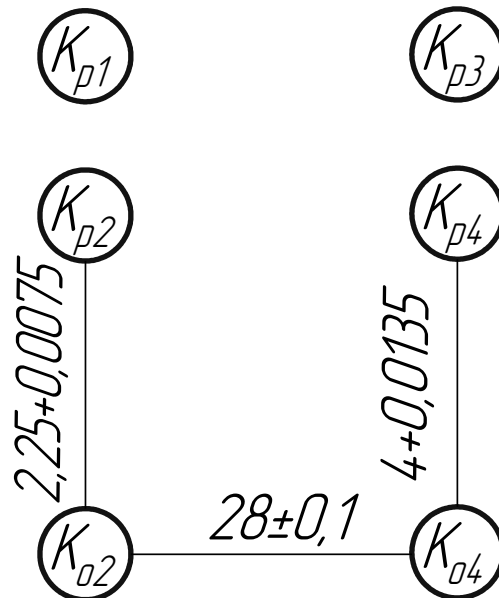


Рисунок 2.6 – Вихідний граф з осі К<sub>0</sub>

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

З графіка видно, що між поверхнями K1 і K3 є зазор, і вони також з'єднані з оброблюваною поверхнею. Тобто не вистачає 2 розмірів.

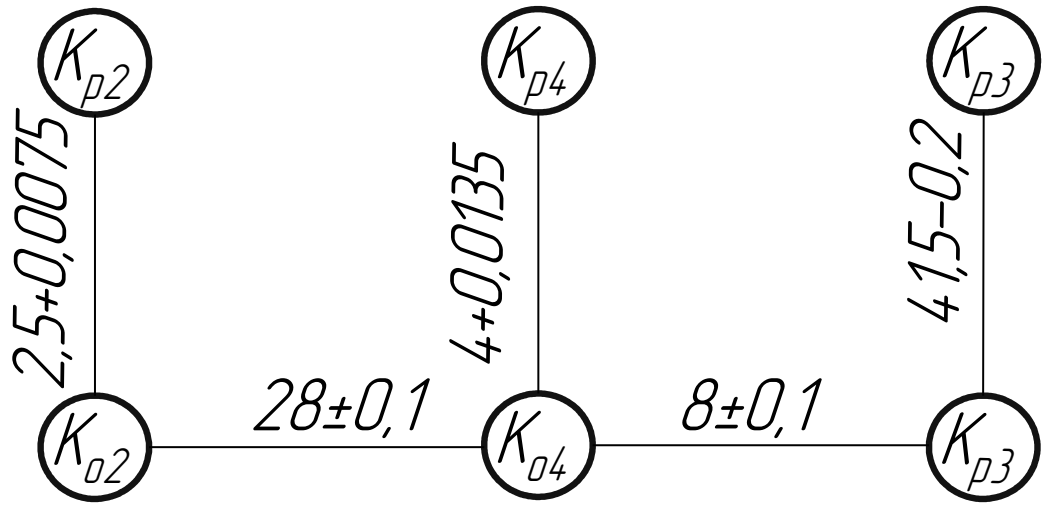


Рисунок 2.7 – Виправлений граф з осі K<sub>0</sub>

Аналіз по осі M.

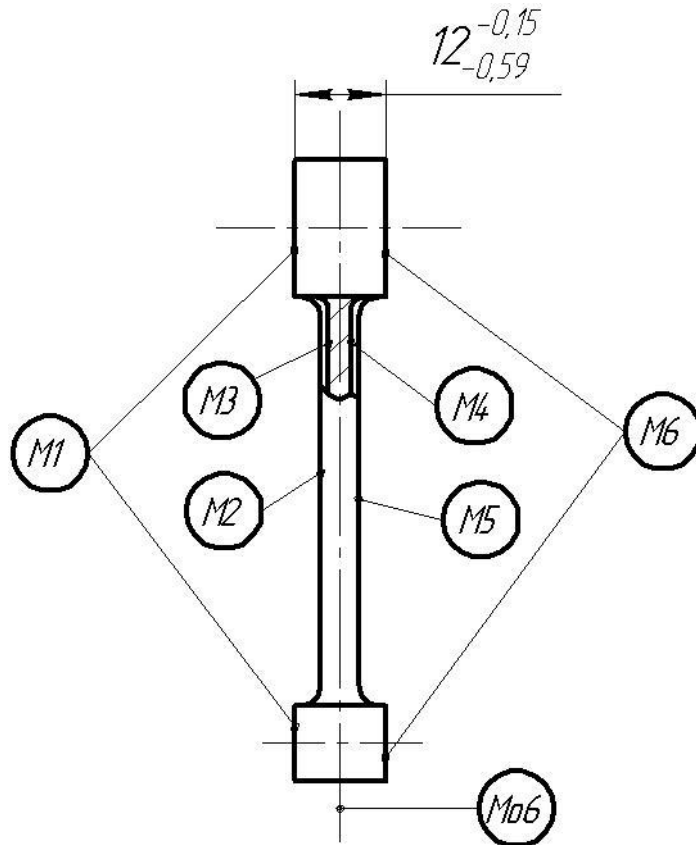


Рисунок 2.8 – Вихідний ескіз по осі M

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

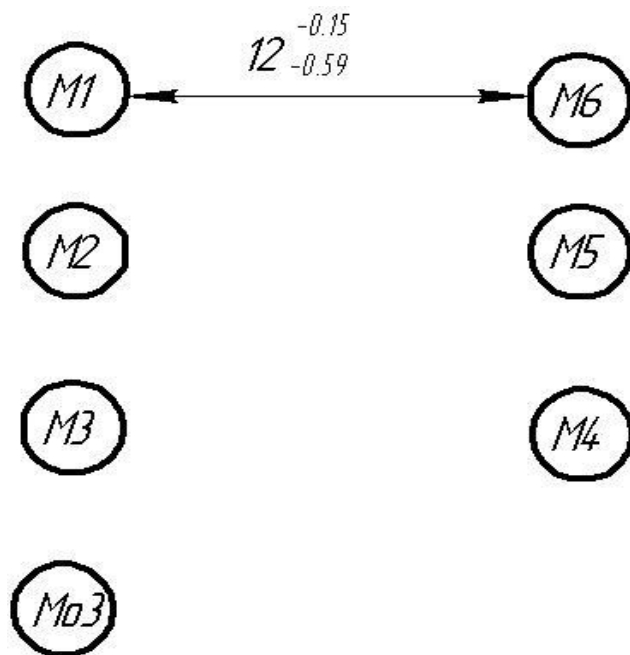


Рисунок 2.9 – Вихідний граф з осі М

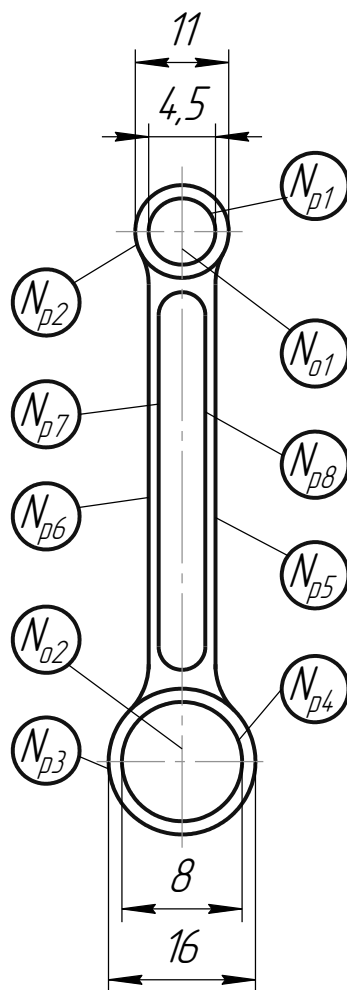


Рисунок 2.10 – Вихідний ескіз по осі N

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

26

Виправлене креслення.

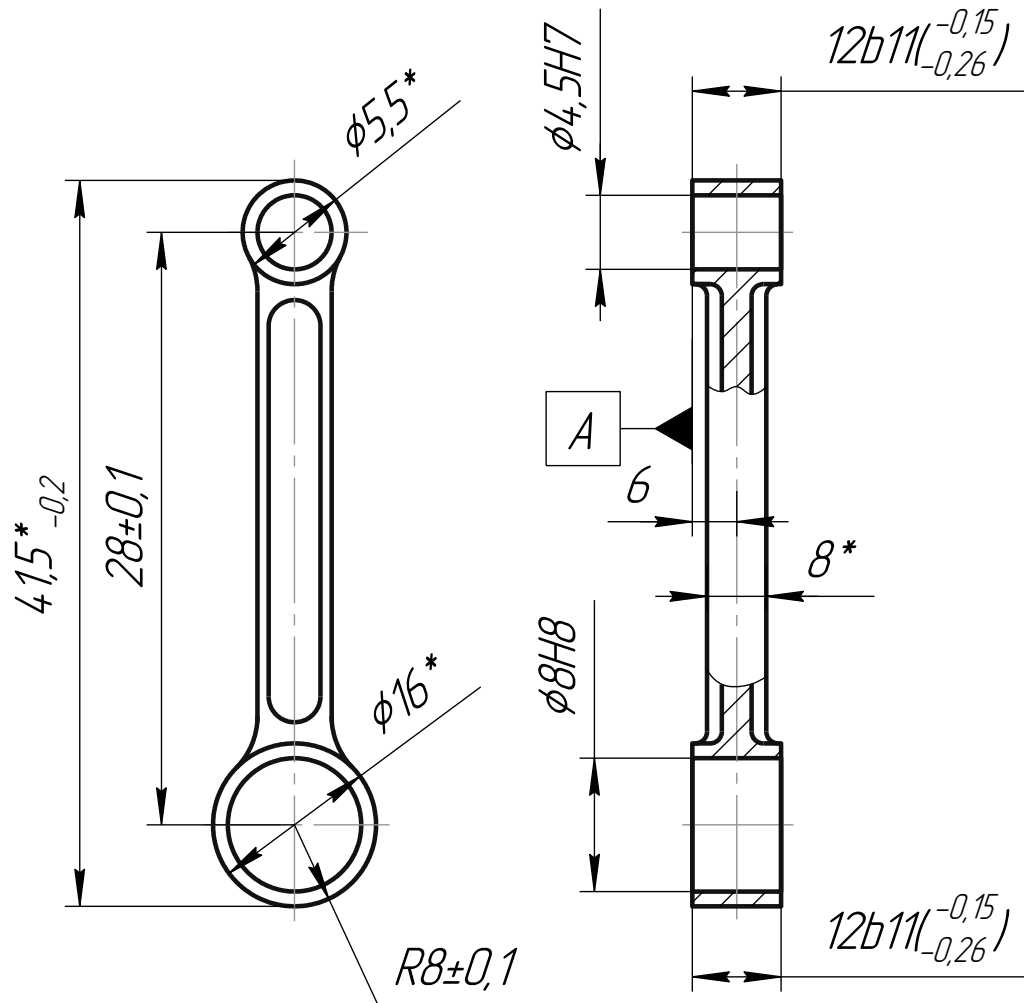


Рисунок 2.11 – Виправлене креслення

## 2.4 Технологічний процес

Вибір способу отримання заготовки залежить від матеріалу, ваги, обсягу, продуктивності і складності. На підставі креслень деталі можуть бути віднесені до способу отримання заготовки литтям. Існує 2 можливих способи лиття-грунтове лиття і оболочечное лиття. Виливок на місці обходиться дешевше, але заготівля стає більш грубою, в результаті чого значно зростає складність процесу обробки. Оскільки виробництво є масовим, найрозумніше відливати по виплавленої моделі, а всі інші - при інших рівних умовах.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

27

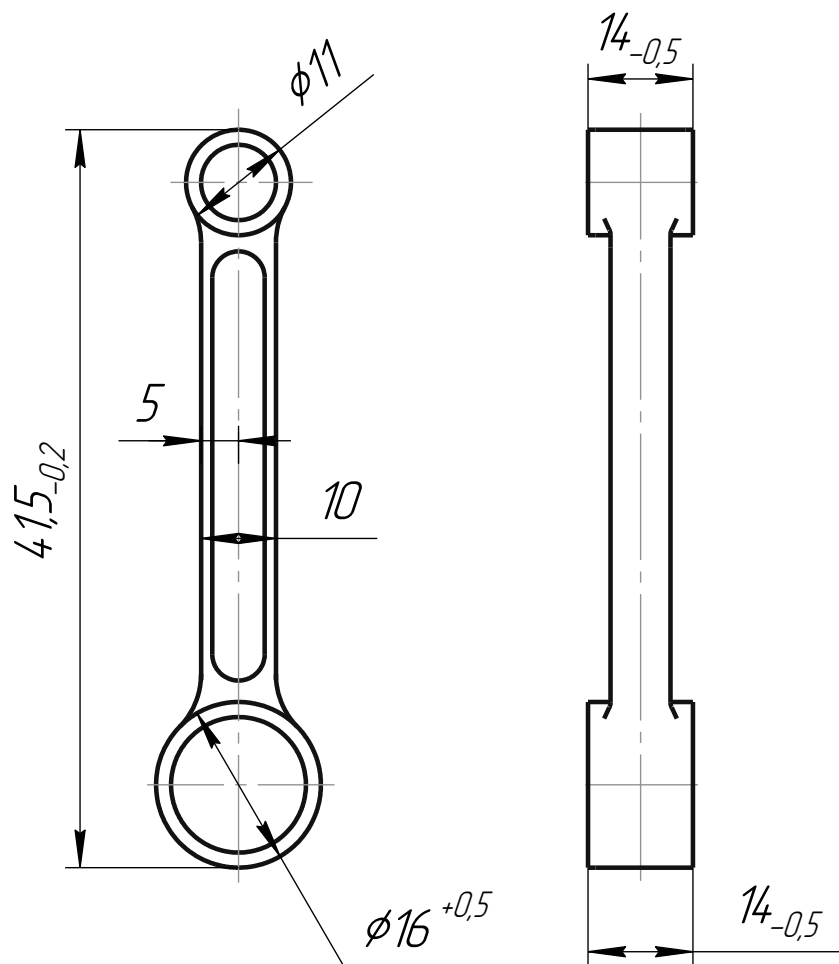


Рисунок 2.12 – Креслення заготовки

На першій операції вирішуються 2 завдання:

- 1) встановлюється з'єднання між обробленою і необробленою поверхнями;
- 2) розподіляється останній припуск на обробку.

Оскільки умови обробки отворів найважчі, а інструмент не твердий, дуже важливо забезпечити рівномірний зазор в отворі. Але при обробці шатуна необхідно забезпечити паралельність бічних сторін і вертикальної осі отвору в сторону. Отже, на першій операції ми обробляємо бічні сторони.

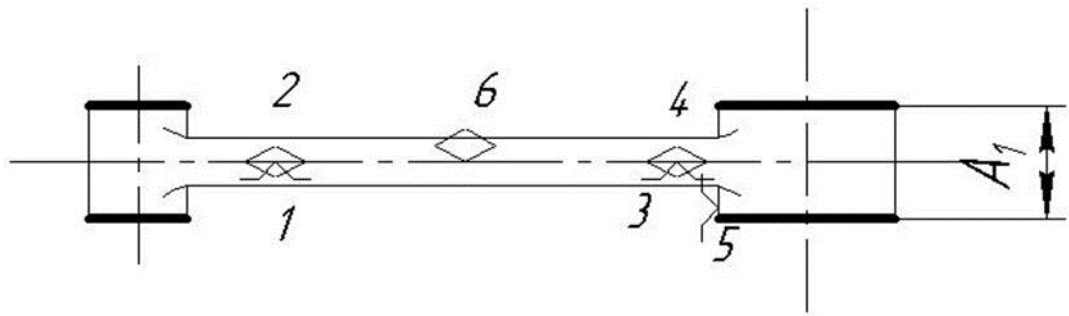
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

28

## 005 Фрезерна



## 010 Сверлильна

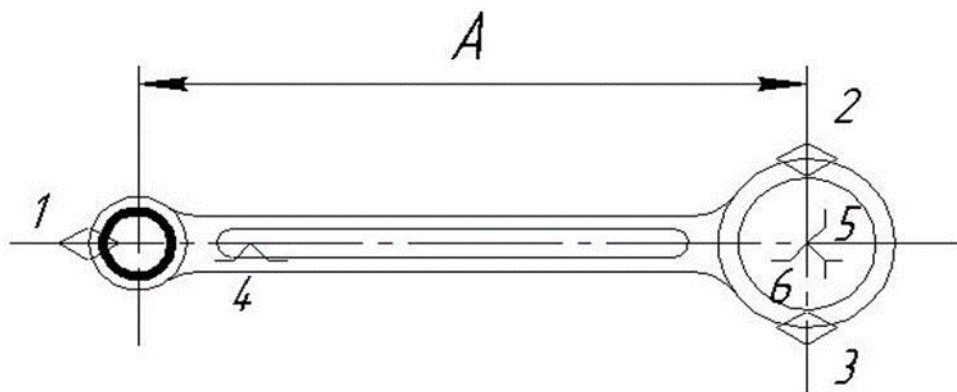


Рисунок 2.13 – Базування на перших операціях

### Висновки до другого розділу

У даному розділі розроблена кінематична схеми машини. Розроблена конструкція забезпечує переміщення мисково-пучкової частини у поздовжньому напрямку і у поперечному. Таким чином, змінюється технологія формування з одновісного на двовісне.

Розроблено пневмопривід та наведено пневмо-кінематичну схему розсувної колодки. Привідним органом є пневмоциліндр . Для його роботи потрібно підготовлене повітря, яке від компресорної станції надходить у магістраль, що веде до розроблюваного пневмоциліндру.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Розроблено конструкцію шатуна. Шатун призначений для перетворення  
обертального руху на поступальне і навпаки.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

### 3 РОЗРАХУНОК ВУЗЛІВ МАШИНИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ВЕРХУ ВЗУТТЯ

#### 3.1 Розрахунок технологічних зусиль при об'ємному формуванні та визначення параметрів виконавчого пневмоциліндра

Перш ніж приступити безпосередньо до розрахунку технічної міцності, необхідно проаналізувати напружений стан розділяється області заготовки верху взуття в напруженому стані, викликаному дією розтягування при внутрішньому формуванні.

Плоскі матеріали з одноосьовим або двовісним розтягуванням можна надати сферичну або подібну форму. Рівняння для залежності деформації від напруги при розтягуванні має вигляд

$$\varepsilon = \alpha * \sigma^m \quad (3.1)$$

Здатність шкіри розтягуватися характеризується показником відносного подовження у відсотках при умовній нарузі. Дослідження показали, що крива розтягування шкіри приблизно виражається параболічною формою.

$$\varepsilon = A * Q^n. \quad (3.2)$$

Коли матеріал розтягується в поздовжньому напрямку, він стискається в поперечному напрямку. Коефіцієнт бічного стиснення шкіри-це відношення відносного бічного стиснення  $\sigma_1$  до відносного подовження  $\sigma$ :  $\sigma = \sigma_1 / \sigma$  коливається від 0,4 до 1,58.

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

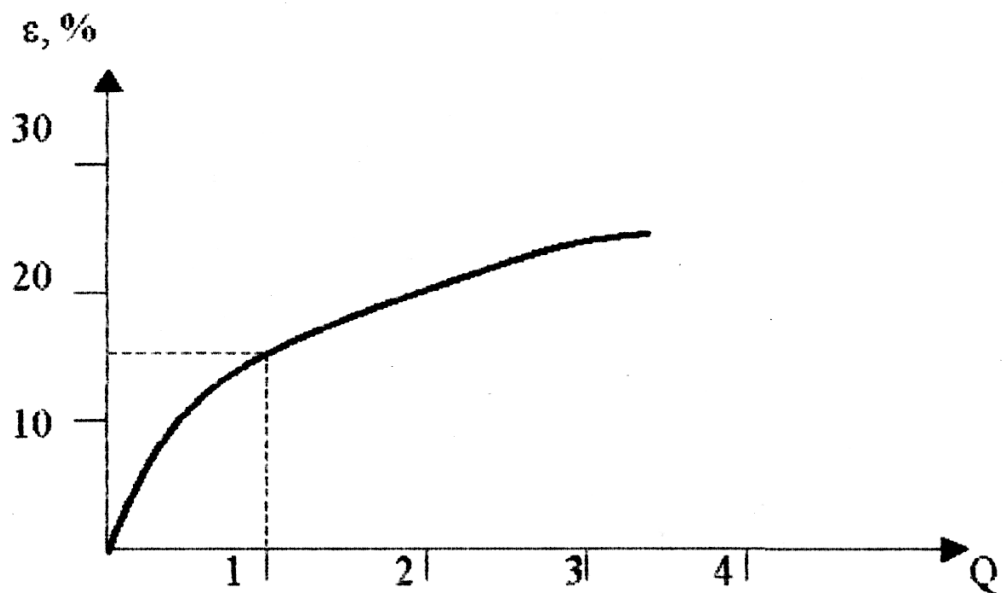


Рисунок 3.1 – Графік залежності  $\varepsilon = A * Q^n$

Якщо для шкіри  $\mu=1$ , то для штучної шкіри коефіцієнт поперечної усадки для кожного випадку слід встановлювати окремо.

Здатність шкіри стискатися в поперечному напрямку при одноосьовому розтягуванні важлива для отримання складної форми. Наприклад, ви отримуєте гладку поверхню, закріплюючи плоске коло радіусом  $R$  зі шкіри в центрі півсфери, розтягуючи його в радіальному напрямку на  $\Delta r$  і згинаючи в результаті бічної усадки матеріалу. Щоб отримати напівсферичну поверхню, матеріал повинен бути деформований приблизно на 22% в радіальному напрямку, що дає таке ж зменшення по периметру.

Через одновісного розтягування шкіри верх взуття має різне подовження в різних місцях. При розтягуванні товщина матеріалу зменшується через зсув волокон і стиснення структури. У той же час збільшується площа заготовки. Як правило, це вказує на те, що відбувається розмивання структури і збільшення обсягу заготовки. Коли матеріал розтягується, загальна відносна деформація  $\sigma$  складається з пружної  $E_s$ , яка зникає після зняття навантаження, і залишкової (пластичної)  $E_p$ , яка залишається після зняття навантаження, тобто..

$$\varepsilon = \varepsilon_y + \varepsilon_n. \quad (3.3)$$

Коли зразок матеріалу деформується до  $E_A$  і напруги  $\Sigma_a$ , а потім розряджається, крива  $AV$  проходить під кривою  $a_0$ . Залишкова деформація після розвантаження представлена відрізком  $OB$ , і в результаті пружних впливів величина залишкової деформації зменшується до  $OB_1$  (рис. 3.2, а).

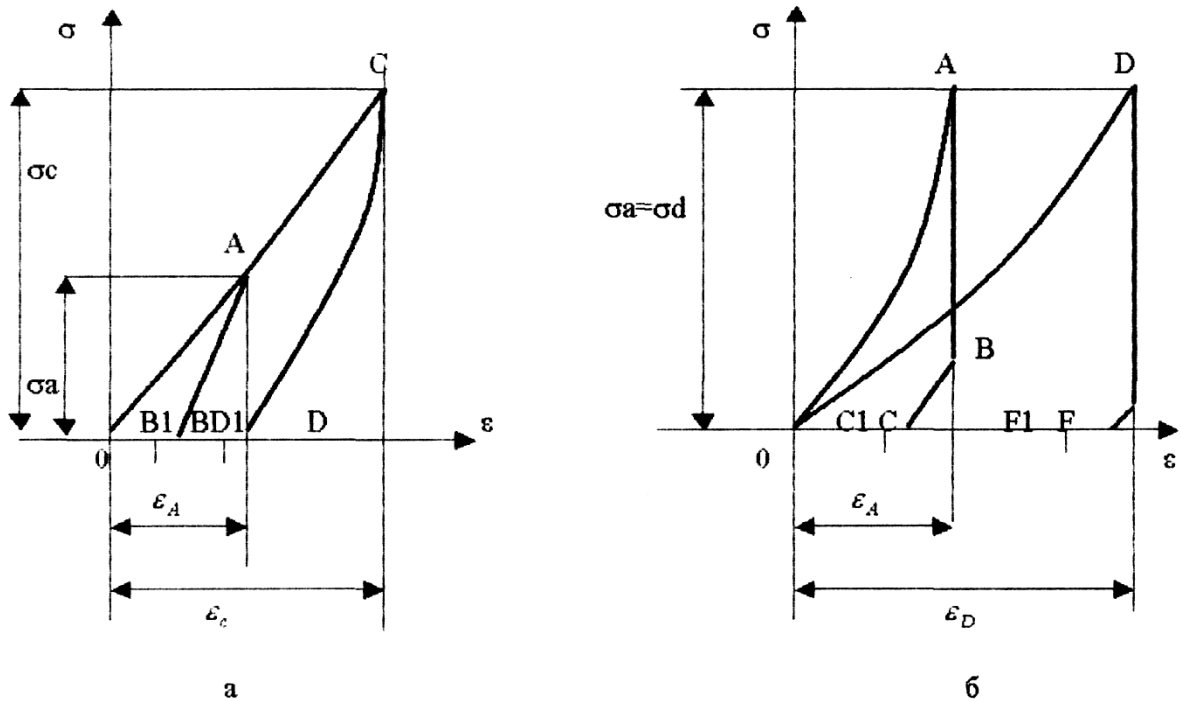


Рисунок 3.2 – Діаграми відносних деформацій під час розтягування  
а - без витримки, б - з витримкою

При заданому напруженні  $\sigma_c > \sigma_a$  і відносній деформації  $\varepsilon_c > \varepsilon_A$  під час формування матеріалу крива  $CD$  розвантаження буде нижче кривої  $CO$ , а залишкова деформація буде більше. Після укладання залишкова деформація матеріалу також зменшується, що характеризується відрізком  $OD_1$ . При цьому відбувається відносне зниження напруги  $\sigma$  а.

Після формування верхньої заготовки взуття утримується в деформованому стані на колодці для взуття. Тому при формуванні з витримками фігура представлена кривою  $0avss1$ . Після деформації матеріалу

(крива 0A) відбувається релаксація напружень (пряма лінія АВ). Крива ВС показує зменшення деформації через еластичність матеріалу після вилучення взуття з колодки. В цьому випадку залишкова деформація буде більше (відрізок осі). Після укладання вона зменшується до OS1 (рис. 1). 3.2, б).

Отже, крім подовження, на залишкову деформацію впливає час утримання. Зі збільшенням часу витримки залишкова деформація збільшується за рахунок зменшення пружної деформації, що позитивно позначається на стабільності форми матеріалу.

Як відомо, при збільшенні вологості при одному і тому ж напрузі матеріал деформується сильніше, і формування супроводжується найбільшою залишковою деформацією. Крім того, у міру збільшення вологості матеріалу релаксація напружень відбувається більш інтенсивно. Швидкість падіння напруги поступово зменшується.

Дослідження показали, що якщо 15% наростів хромового дублення розтягують при вологості 14% і витримують в розтягнутому стані при температурі 30°C, то ступінь еластичності після зняття навантаження становить 90% від загального подовження, ступінь пластичності становить всього 10%, а якщо при тих же умовах зразок розтягується на 35%, ступінь пластичності становить близько 20%. При витримці при вологості 24% і на протязі і розтягуванні протягом 24 годин (тобто при повному висиханні зразка) ступінь еластичності становить 15%, а ступінь пластичності - 85%.

При формуванні заготовок на взуття матеріал необхідно максимально деформувати без зниження його якості і порушення швів. Таким чином, заготовку формують не тільки для додання певної форми, але і для підвищення стабільності форми взуття.

Виходячи з цього, необхідні технічні зусилля визначаються наступним чином

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$F = \sigma \max(S_1, S_2), \quad (3.4)$$

де  $\sigma$  - необхідна напруга при двовісному розтягуванні матеріалу, МПа;  
 $S$  – площа поперечного перерізу матеріалу з кожної осі.

Рекомендовані режими формування наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Рекомендовані режими формування

Режими	Варіанти		
	1	2	3
Подовження шкіри, %	13-15	24-26	34-36
Двохосна деформація, %	9-12	12-15	12-15
Необхідне зусилля розтягування, МПа	1 2-18	1 4-20	16-22
Вологість шкіри, %	25-30		
Температура повітря в сушарці, °С	100-120		
Час фіксації, с	14-20		

Необхідні площі  $S_1$  і  $S_2$  можуть відрізнятись різних моделей і типорозмірів взуття в межах 50-150мм<sup>2</sup>. Беремо значення із запасом. Тоді потрібне технологічне зусилля визначиться

$$F_{max} = 18 \times 10^6 \times 150 \times 10^{-6} = 2700\text{Н.}$$

Розрахунок параметрів виконавчого пневмоциліндра

Вихідні дані:

- тиск повітря у магістралі (абсолютний)  $P_m = 0,6$  МПа;

- технологічне зусилля на штоку (при прямому ході) визначається за формулою

$$P_{\text{підлога}} = F \cos \alpha = 2700 \times \cos 42^\circ = 2,01 \text{ кН} \text{ (див. рис. 3.1);}$$

- довжини трубопроводів, що з'єднують порожнини циліндра з розподільником:  $l_{\text{тр1}} = 60 \text{ см}$ ;  $l_{\text{тр2}} = 70 \text{ см}$ ;
- діаметр отворів у розподільнику:  $d_1 = d_2 = 0,6 \text{ см}$ ;
- довжина ходу поршня  $l = 9 \text{ мм}$ .

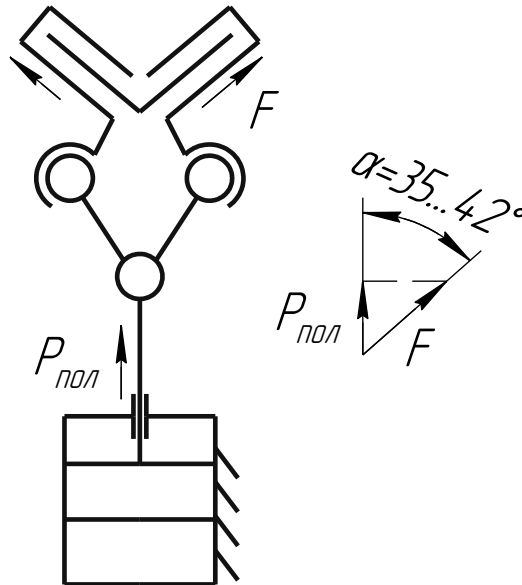


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема визначення зусилля на штоку пневмоциліндра

- 1) Тиск повітря у робочій порожнині пневмоприводу  $P_m = 60 \text{ Н/см}^2$ .
- 2) Визначаємо діаметр пневмоциліндра за формулою

$$D = \sqrt{\frac{4K \cdot P_{\text{пол}}}{\pi \cdot (P_m - P_a)}}, \quad (3.5)$$

де  $K$  - коефіцієнт запасу, що враховує втрати на трені в ущільненнях, падіння тиску за рахунок витоків повітря і т.п.,  $K = 1,2 \dots 1,5$ , приймаємо  $K = 1,2$ .

Атмосферний тиск  $P_a = 0,981 \text{ Мпа}$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,2 \cdot 2,01 \cdot 10^3}{\pi \cdot (60 - 9,81)}} = 7,8 \text{ см}$$

Округлюємо до найближчого більшого ряду стандартних розмірів за ДСТУ 6540. Приймаємо  $D = 80 \text{ мм} = 8 \text{ см}$ .

3) Діаметр штока пневмоциліндра визначається за такою формулою:

$$d = (0,2 \dots 0,3) D = (0,2 \dots 0,3) \cdot 8 = 1,6 \text{ см.}$$

Округлюємо до найближчого значення стандартного ряду за ДСТУ 6540. Приймаємо  $d = 16 \text{ мм} = 1,6 \text{ см}$ .

4) Визначаємо діаметри трубопроводів  $d_{\text{тр}}$  виходячи з рівняння нерозривності потоку стисненого повітря:

$$\frac{\pi \cdot d_{\text{мп}}^2}{4} \cdot v_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v, \quad (3.6)$$

де  $v_p$  - рекомендована швидкість течії повітря в трубах, (м/с);

$v$  – середня швидкість руху поршня на протязі та такту, (м/с).

Величину  $v_p$  визначимо за емпіричною формулою:

$$v_p = 40 - \frac{P_m - 10}{90} \cdot 24,$$

де  $P_m$  (Н/см<sup>2</sup>),  $v_p$  (м/с)

Середня швидкість визначається при відомому ході  $l$  поршня і часу такту (найменшої тривалості).

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$v = \frac{l}{t},$$

де  $l = 9\text{мм}$ ;  $t = t_3 = 0,5\text{с}$ .

$$v = \frac{0,009}{0,5} = 0,18\text{м/с}$$

$$v_p = 40 - \frac{60 - 10}{90} \cdot 24 = 26,67\text{м/с}$$

$$d_{\text{тр}} = D \sqrt{\frac{v}{v_p}},$$

$$d_{\text{тр}} = 80 \sqrt{\frac{0,18}{26,67}} = 0,131\text{см} = 6,57\text{мм}.$$

Приймаємо відповідно до ДСТУ 355  $d_{\text{тр}} = 8\text{мм}$ .

5) Визначаємо витрату  $Q_c$  повітря в мережі, наведену до атмосферного тиску  $P_a$  за формулою

$$Q_c = 1,2 \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v \frac{P_m}{P_a}, \quad (3.7)$$

де 1,2 - коефіцієнт, що враховує витоку повітря.

$$Q_c = 1,2 \frac{\pi \cdot 8^2}{4} \cdot 18 \frac{60}{9,81} = 6,63 \cdot 10^4 \text{см}^3/\text{с}.$$

### 3.2 Розрахунок швидкодії пневмоциліндра витяжки

Вихідні дані для розрахунку:

$$p_m = 0,6 \text{МПа};$$

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$p_a = 0,1$  МПа;

$D = 80$  мм;

$d = 16$  мм;

$d_{тр1,2} = 8$  мм;

$l_{тр1,2} = 400$  мм - Довжина трубопроводів.

$d_1 = 5$  мм – діаметри отворів у розподільчому золотнику;

$h_1 = h_2 = 3$  мм – наведені довжини шкідливого простору циліндра;

$m = 0,055$  кг - маса поршня;

$L = 9$  мм - Довжина ходу поршня;

$\mu = 0,5$  – коефіцієнт витрати;

Температуру повітря приймаємо рівною  $T = 293$  К.

Час спрацьовування  $t$  визначається за формулою

$$t = T_1 + T_2 \quad (3.8)$$

де  $T_1$  – час попереднього періоду;

$T_2$  - Час руху поршня на величину ходу  $L$ .

Визначення вихідних даних для побудови графіка зміни тиску лівої порожнини циліндра в підготовчому періоді для підкритичної зони.

Визначимо початковий об'єм лівої порожнини циліндра:

$$V_{10} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h_1}{4} + \frac{\pi d_{мп1}^2 \cdot l_{мп1}}{4} = \frac{\pi \cdot 0,08^2 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{4} + \frac{\pi \cdot 0,008^2 \cdot 0,4}{4} = 8,95 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Визначимо ефективний переріз отвору у розподільнику

$$f_{1\sigma} = \frac{\mu \cdot \pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,005^2}{4} = 3,93 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2,$$

де  $\mu$  - коефіцієнт витрати, що визначається експериментально, для приводів легкої промисловості  $0,2 \dots 0,5$  ( $\mu = 0,5$ ).

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Критична масова витрата повітря визначається за формулою

$$\theta_{1кр} = \frac{P_m \cdot f_{1э}}{\sqrt{T_m}} \cdot B \cdot \phi(\varepsilon_{кр}), \quad (3.9)$$

$$\text{де } B = \sqrt{\frac{2 \cdot n}{R \cdot (n-1)}} = 0,156 \frac{c \cdot \kappa^{\frac{1}{2}}}{m},$$

$\phi(\varepsilon_{кр}) = 0,259$  для адіабатного витікання повітря.

$$\theta_{1кр} = \frac{0,6 \cdot 10^6 \cdot 3,93 \cdot 10^{-7}}{\sqrt{293}} \cdot 0,156 \cdot 0,259 = 1,86 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с}$$

Критичний тиск

$$P_{1кр} = \varepsilon_{кр} \cdot P_m. \quad (3.10)$$

де  $\varepsilon_{кр}$  - критичне відношення тисків у порожнинах В і Н.

При адіабатному закінченні повітря  $\varepsilon_{кр} = 0,528$ .

$$P_{1кр} = 0,528 \cdot 60 = 31,7 \text{ Н/см}^2.$$

Час визначиться за формулою

$$t_{кр1} = \frac{V_{10}}{\theta_{кр1} \cdot R \cdot T_1} \cdot (P_{1кр} - P_a), \quad (3.11)$$

де R - Постійна газова,

T<sub>1</sub> - абсолютна температура в порожнині циліндра.

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{кр1} = \frac{8,95 \cdot 10^{-6} (10,6 - 9,81) \cdot 10^4}{1,86 \cdot 10^{-4} \cdot 287 \cdot 293} = 0,023 \text{ с}$$

Будуємо графік  $P_1 = f(t)$  (рис. 3.2). Наносимо точку 1 із координатами  $t = 0$ ;  $P_1 = P_a = 9,81 \text{ Н/см}^2$  та точку 2 з координатами  $t = t_{кр1} = 0,023 \text{ с}$ ;  $P_1 = P_{1кр} = 31,7 \text{ Н/см}^2$ .

Точки 1 та 2 з'єднуємо прямою лінією.

Визначення вихідних даних для побудови графіка  $P_1$  лівої порожнини циліндра в підготовчому періоді.

Визначимо координати двох точок 3 та 4 з рівняння:

$$t = t_{кр1} + \frac{2 \cdot K_1 \cdot n}{n - 1} \cdot (\sqrt{1 - \varepsilon_{кр}^{\frac{n-1}{n}}} - \sqrt{1 - \varepsilon_1^{\frac{n-1}{n}}}), \quad (3.12)$$

позначимо:

$$\psi(\varepsilon) = \sqrt{1 - \varepsilon_{кр}^{\frac{n-1}{n}}} - \sqrt{1 - \varepsilon_1^{\frac{n-1}{n}}} \quad (3.13)$$

де  $n$  - показник ступеня в рівнянні політропного процесу розширення газу  $P n = \text{const}$ , при адіабатному закінченні повітря:  $n = 1,4$ . Результати розрахунку зведемо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Результати розрахунку функції  $\Psi(\varepsilon)$

$\varepsilon$	1	0,8
$\Psi(\varepsilon)$	0,409	0,16

$$K_1 = \frac{V_{10}}{f_{1e} \cdot B \cdot R \cdot \sqrt{T_m}}, \quad (3.14)$$

$$K_1 = \frac{8,95 \cdot 10^{-6}}{3,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,156 \cdot 287 \cdot \sqrt{293}} = 0,08.$$

Координати точки 3 при  $\varepsilon_1 = 0,8$

$$P_1 = \varepsilon_1 \cdot P_m = 0,8 \cdot 60 = 48 \text{ Н/см}^2$$

$$t = 0,00023 + \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 1,4}{1,4 - 1} \cdot 0,16 = 0,09 \text{ с}$$

Координати точки 4 при  $\varepsilon_1 = 1$

$$P_1 = \varepsilon_1 \cdot P_m = 1 \cdot 60 = 60 \text{ Н/см}^2$$

$$t = 0,00023 + \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 1,4}{1,4 - 1} \cdot 0,409 = 0,23 \text{ с}$$

Визначення вихідних даних для побудови графіка зміни еквівалентного тиску  $P_{\text{екв}}$  у правій порожнині циліндра.

Початковий об'єм правої порожнини, включаючи об'єм трубопроводу

$$V_{20} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot (h_2 + l) + \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot l_{mp2}, \quad (3.15)$$

$$V_{20} = \frac{\pi}{4} \cdot ((8^2 - 1,6^2) \cdot (0,3 + 9) + 0,5^2 \cdot 40) = 78 \text{ см}^3.$$

Робоча площа перерізу лівої та правої порожнин циліндра:

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$F_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot 8^2 = 2,01 \text{ см}^2.$$

$$F_2 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot (8^2 - 1,6^2) = 1,45 \text{ см}^2.$$

$$K_2 = \frac{V_{20}}{R \cdot \sqrt{T_2} \cdot B_{кр} \cdot f_{2e}},$$

$$\text{де } B_{кр} = B \cdot \varphi(\varepsilon_{кр}) = 0,156 \cdot 0,259 = \frac{c \cdot \kappa^{\frac{1}{2}}}{m} 0,040$$

$$K_2 = \frac{78 \cdot 10^{-6}}{287 \cdot \sqrt{293} \cdot 0,04 \cdot 3,93 \cdot 10^{-7}} = 2,33$$

Координати точок графіка залежності  $P_{екв}$  від  $t$  визначимо з формули:

$$P_{екв} = \frac{P_m \cdot e^{-\frac{t}{K_2}} \cdot F_2 + P_{повн} + P_{тр}}{F_1} \quad (3.16)$$

де  $P_{тр}$  - Сила тертя;  $P_{тр} = 3,5 \cdot \sqrt{P_{повн}} = 3,5 \cdot \sqrt{2010} = 228 \text{ Н}$

Розрахунок для різних значень часу наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Результати розрахунку  $P_{екв}$

t	0	0,03	0,06	0,1	0,13	0,16
$P_{екв}$	45,6	32,5	29,2	25,4	23,7	21,9

Точка перетину графіків  $P_1 = f(t)$  і  $P_{\text{екв}} = f(t)$  (рисунок 3.2) дає приблизне значення часу  $T_1 = 0,024\text{с}$ .

Розрахунок  $T_2$  - Час переміщення штока пневмоциліндра на величину  $L$  визначаємо за допомогою автоматизованого розрахунку програми на ЕОМ.

Результати розрахунку наведено нижче.

Розрахунок часу спрацювання пневмоприводу:

$P_1 = 60.00$	$T_1 = 0.024$	$X = 0.75$	$T_2 = 0.040$
$X = 0.00$	$T_2 = 0.000$	$X = 1.18$	$T_2 = 0.050$
$X = 0.05$	$T_2 = 0.010$	$X = 1.70$	$T_2 = 0.060$
$X = 0.19$	$T_2 = 0.020$	$X = 2.31$	$T_2 = 0.070$
$X = 0.42$	$T_2 = 0.030$	$X = 3.02$	$T_2 = 0.080$
$X = 3.83$	$T_2 = 0.090$	$X = 13.67$	$T_2 = 0.170$
$X = 4.73$	$T_2 = 0.100$	$X = 15.32$	$T_2 = 0.180$
$X = 5.72$	$T_2 = 0.110$	$X = 17.07$	$T_2 = 0.190$
$X = 6.81$	$T_2 = 0.120$	$X = 18.92$	$T_2 = 0.200$
$X = 7.99$	$T_2 = 0.130$	$X = 20.86$	$T_2 = 0.210$
$X = 9.27$	$T_2 = 0.140$	$X = 22.90$	$T_2 = 0.220$
$X = 10.64$	$T_2 = 0.150$	$T_2 = 0.220$	$T = 0.244$
$X = 12.11$	$T_2 = 0.160$		

Тоді повний час визначиться за формулою  $T = T_1 + T_2 = 0,024 + 0,22 = 0,244$

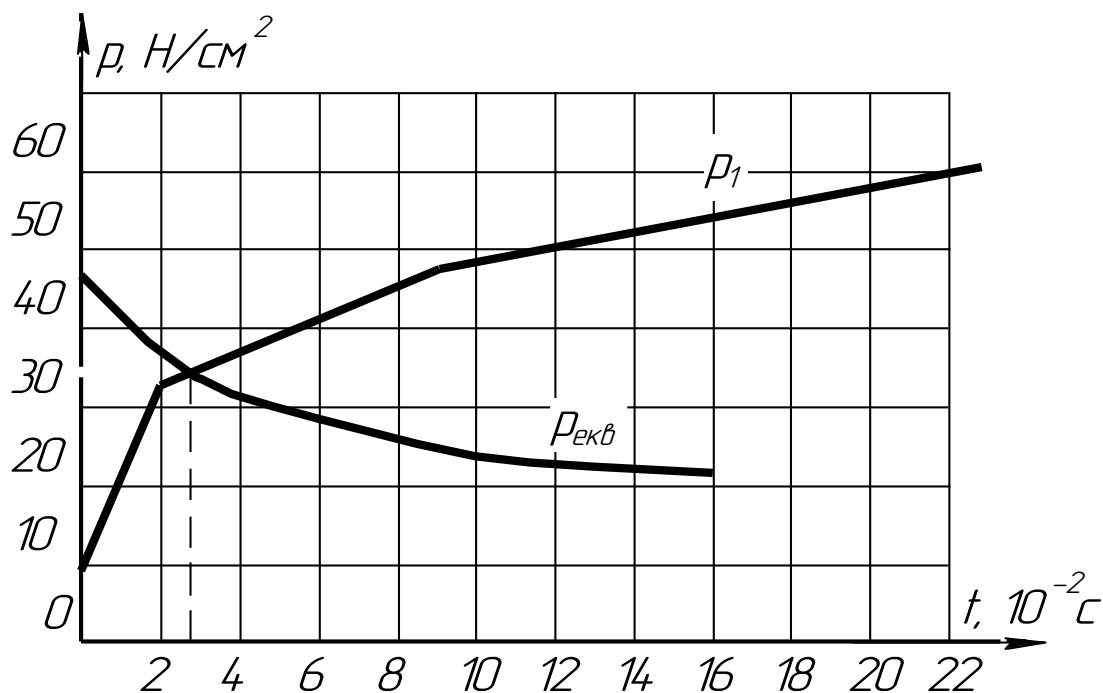


Рисунок 3.2 – Графіки  $P_1 = f(t)$  та  $P_{екв} = f(t)$

### 3.3 Розрахунок нагрівальних елементів

Визначення корисної кількості теплоти, необхідної для підвищення температури нагрівається до заданої величини без урахування теплових втрат ведеться за формулою

$$Q_{пол} = cm(t_k - t_n), \quad (3.17)$$

де  $c$  - питома теплоємність матеріалу, для шкіри або шкірозамінника  $z = 0,3$  кДж / кг  $\times$  °C ;

$m$  – маса матеріалу, що нагрівається, для шкіряних заготовок, що використовуються на напівавтоматі,  $m = 0,05$  кг;

$t_n$  - Початкова температура матеріалу,  $t_n = 20^\circ\text{C}$ ;

$t_{до}$  - кінцева температура матеріалу,  $t_n = 100-130$  °C.

Тоді

$$Q_{\text{повн}} = 0,3 \times 0,05 \times (115 - 20) = 1,425 \text{кДж}.$$

Потрібно врахувати, що передача тепла відбувається не безпосередньо від нагрівача до матеріалу, а через поверхню колодки, тому необхідно розрахувати втрати тепла через неї, для якої  $c=0,98 \text{кДж/кг} \times ^\circ\text{C}$   $m = 1,7 \text{ кг}$   $t_{\text{н}} = 20^\circ\text{C}$   $t_{\text{н}} = 150^\circ\text{C}$ .

Тоді

$$Q_{\text{пот}} = 0,98 \times 1,7 \times (150 - 20) = 216,6 \text{кДж}.$$

Загальне необхідне тепло визначитися як відношення суми корисної кількості та втрат тепла через плиту до ККД нагрівального елемента, що враховує випромінювання теплоти в атмосферу, тобто

$$Q = (Q_{\text{повн}} + Q_{\text{пот}}) / \eta = (1,425 + 216,6) / 0,8 = 273 \text{кДж}.$$

Потужність нагрівальної плити визначається за формулою

$$P = 0,0028kQ / t, \quad (3.18)$$

де  $k$  - коефіцієнт запасу, що враховує зменшення напруги мережі, старіння нагрівальних елементів, збільшення теплоємності виробу, що нагрівається при підвищенні температури,  $k = 1,1-1,3$ ;

$t$  - час нагрівання виробу, заданий  $t = 10 \text{ хв} = 0,17 \text{ год}$ .

Тоді

$$P = 0,0028 \times 1,1 \times 273 / 0,17 = 4,95 \text{кВт}.$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Приймаємо потужність нагрівального елемента розсувної колодки  $P = 5\text{кВт}$ .

### 3.4 Розрахунок продуктивності машини

Час спрацьовування пневмоциліндра невеликий. Час формування одного виробу  $t_{\phi} = 25\text{с}$ , час завантаження однієї позиції  $t_3 = 5\text{с}$ , час вивантаження  $t_3 = 4\text{с}$ .

Для забезпечення найбільшої продуктивності приймаємо кількість позицій за формулою

$$n = (t_{\phi} / (t_3 + t_3)) + 1 = (25 / (5 + 4)) + 1 = 4.$$

У такому разі час на обробку одного виробу становитиме

$$t_p = t_{\phi} / n = 25 / 4 = 6,25 \text{ с}.$$

Годинна продуктивність для пари взуття розраховується за формулою

$$Q_{\text{год}} = \frac{3600}{2t_p}, \quad (3.19)$$

$$Q_{\text{год}} = \frac{3600}{2 \cdot 6,25} = 288 \text{ пар / год}.$$

Змінна продуктивність визначиться за формулою

$$Q_{\text{зм}} = 8Q_{\text{год}},$$

$$Q_{\text{зм}} = 8 \cdot 288 = 2304 \text{ пар / зміна},$$

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

### 3.5 Розрахунок на міцність механічних деталей конструкції

У шарнірах кінематичних пар є високі значення зусиль (рис. 2.1).

Умова міцності виглядає так

$$p_{max} = \frac{R_{max}}{dl} \leq [p], \quad (3.20)$$

де  $R_{max}$  - реакція в шарнірі, розраховується за методикою розрахунку підшипників напіврідинного тертя, для цього розрахунку можна прийняти

$$R_{max} = Ff, \quad (3.21)$$

де  $f$  – коефіцієнт напіврідинного тертя,  $f=0,15$  за відсутності мастила, тоді

$$R_{max} = 5000 \times 0,15 = 750 \text{ Н};$$

$d$  – діаметр циліндричної поверхні пари контакту, м;

$l$  - Довжина циліндричної поверхні пари контакту, м;

$[p]$  – допустимий питомий тиск, що встановлюється для кожного окремого виду обладнання,

для взуттєвих машин  $[p] = 20 \text{ МПа}$  для сталі 40.

$$p_{max} = \frac{750}{0,009 \times 0,008} = 10,4 \times 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 10,4 \text{ МПа} \leq [p] = 20 \text{ МПа}$$

Як бачимо, умова виконується.

Для іншого шарніра цього ж шатуна лінійні розміри такі:  $d = 4,5 \text{ мм} = 0,0045 \text{ м}$ ,  $l = 9 \text{ мм} = 0,009 \text{ м}$ .

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді питомий тиск визначиться

$$p_{max} = \frac{750}{0,009 \times 0,0045} = 18,5 \times 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 18,5 \text{МПа} \leq [p] = 20 \text{МПа}.$$

Як бачимо, умова на міцність виконується обох шарнірів.

Проведемо розрахунок на поздовжній вигин (стійкість) штока пневмоциліндра. Тиск на шток з боку пневмоциліндра  $p = 0,6 \text{МПа}$ , за його діаметрі  $d_1 = 16 \text{мм}$ .

Площа штока пневмоциліндра :

$$F_1 = \frac{\pi * d_1^2}{4} = \frac{\pi * 16^2}{4} = 201 \text{мм}^2.$$

Визначимо силу  $P$ , що стискає шток:

$$P = p * F_1 = 0,6 * 10^6 * 201 * 10^{-6} = 120,6 \text{Н}.$$

З'ясуємо, яку формулу можна використовувати визначення критичної сили  $P_{кр}$ .

Визначимо гнучкість штока:

$$\lambda = \frac{\mu * l}{i}, \quad (3.22)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт приведення довжини, що залежить від виду закріплення кінців штока.

Тут  $\mu = 0,7$ ;

$l$  - Довжина штока;  $l = 125 \text{мм}$ ;

$i$  - Радіус інерції поперечного перерізу;

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i = \sqrt{\frac{I}{F}} = \sqrt{\frac{\pi \cdot d^4 \cdot 4}{64 \cdot \pi \cdot d^2}} = \frac{d}{4} = \frac{80}{4} = 20 \text{ мм},$$

де d - Діаметр поршня пневмоциліндра .

Тоді

$$\lambda = \frac{0,7 \cdot 125}{20} = 4,38 < 100 = [\lambda] - \text{допустиме значення гнучкості штока.}$$

Тоді використовуємо емпіричну формулу Ясинського:

$$\sigma_{кр} = a - b \lambda ,$$

де a , b – емпіричні коефіцієнти, рівні для сталі:

$$a = 32 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} ;$$

$$b = 0,11 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} ;$$

$$\sigma_{кр} = 32 - 0,11 \cdot 4,38 = 31,5 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} ;$$

Критична сила:

$$P_{кр} = \sigma_{кр} \cdot F = \sigma_{кр} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 31,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} = 405 \text{ кН}.$$

Перевіримо умову стійкості:

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_y = \frac{P_{KP}}{P} \geq [n_y],$$

де  $[n_y]$  - допустимий коефіцієнт запасу стійкості, для штоків, приймаємо рівним :

$$[n_y] = 3,5 \dots 5;$$

$$n_y = \frac{405 \times 10^3}{120,6} = 3,35 * 10^3 > 5.$$

Зі здійснених нами розрахунків ми можемо зробити висновок: стійкість штока забезпечена.

#### Висновки до третього розділу

У цьому розділі був проведений розрахунок технічних можливостей при формуванні обсягу і визначення параметрів робочого пневмоциліндра.

Дослідження показали, що якщо 15% приросту хромового дублення розтягнути при вологості 14% і витримувати в розтягнутому стані при температурі 30°C, то ступінь еластичності після зняття навантаження становить 90% від загального подовження, ступінь пластичності становить всього 10%, а якщо 35% зразка розтягується при тих же умовах, ступінь пластичності становить близько 20%. При витримці при вологості 24% і на протязі і розтягуванні протягом 24 годин (тобто при повному висиханні зразка) ступінь еластичності становить 15%, а ступінь пластичності - 85%.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

В результаті вивчення дипломної роботи бакалавра були розглянуті способи формування заготовок верху взуття: зовнішні, внутрішні та Комбіновані. Формування верхньої частини взуття зазначеними особами може здійснюватися заздалегідь або без попереднього формування деталей або вузлів заготовки. Також було встановлено, що розрізняють 3 способи формування: розтягуюче формування, витяжне формування і складене формування, в залежності від способу прикладання розтягуючого навантаження до заготівлі і стану стягуючої кромки, яка може бути закріплена на робочій частині формувальної машини.

Також була проведена перевірка технічного оснащення для об'ємного формування заготовок верху взуття та їх класифікація.

Розроблена кінематична схема верстата. Розроблена конструкція забезпечує переміщення заготовки кульової балки як в поздовжньому, так і в поперечному напрямках. Таким чином, технологія формування змінюється з одновісної на двовісну.

Був розроблений пневмопривод і показана пневматична кінематична схема блоку ковзання. Корпус ПРИВОДУ являє собою пневмоциліндр. Для його роботи необхідний підготовлений повітря, який надходить в магістраль, що веде від компресорної станції до розробляється пневмоциліндру.

Розроблена конструкція шатуна. Шатун призначений для перетворення обертального руху в поступальний в зворотному напрямку.

Проведено розрахунок технічних можливостей при формуванні обсягу і визначенні параметрів робочого пневмоциліндра.

Дослідження показали, що якщо 15% приросту хромового дублення розтягнути при вологості 14% і витримувати в розтягнутому стані при температурі 30°C, то ступінь еластичності після зняття навантаження становить 90% від загального подовження, ступінь пластичності становить

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

всього 10%, а якщо 35% зразка розтягується при тих же умовах, ступінь пластичності становить близько 20%. При витримці при вологості 24% і на протязі і розтягуванні протягом 24 годин (тобто при повному висиханні зразка) ступінь еластичності становить 15%, а ступінь пластичності - 85%.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Шатохін А.М., Горошко В.С. Машини для формування верху взуття // "Журнал електротехнічних систем." - 2014. - № 103. - С. 90-97.
2. Коваленко І.В., Петренко Т.О. Оптимізація процесів формування верху взуття // "Технології легкої промисловості." - 2015. - № 110. - С. 78-85.
3. Сидоренко В.М., Іванченко Ю.В. Нові підходи до автоматизації машин для формування верху взуття // "Вісник Черкаського національного університету." - 2016. - № 115. - С. 66-73.
4. Мельник О.П., Григоренко П.В. Дослідження ефективності машин для формування взуття // "Наукові праці Вінницького національного технічного університету." - 2017. - № 120. - С. 52-59.
5. Білоусова А.С., Кучеренко Д.Л. Інноваційні технології в удосконаленні машин для взуттєвої промисловості // "Технічні науки та інновації." - 2018. - № 125. - С. 88-95.
6. Литвиненко М.М., Савченко І.І. Використання комп'ютерного моделювання у процесі формування верху взуття // "Журнал технологій та дизайну." - 2019. - № 130. - С. 72-79.
7. Шевченко Л.В., Бондаренко Т.М. Підвищення якості формування верху взуття на автоматичних машинах // "Легка промисловість України." - 2020. - № 135. - С. 80-87.
8. Тарасова О.В., Гончарук К.П. Системи контролю якості при формуванні верху взуття // "Вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України." - 2021. - № 140. - С. 90-97.
9. Демченко В.В., Кузьменко І.М. Технічні засоби для автоматизації взуттєвого виробництва // "Технічні науки та промисловість." - 2022. - № 145. - С. 76-83.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

10. Ігнатенко О.О., Шаповалова В.В. Підвищення продуктивності машин для формування верху взуття // "Вісник Харківського національного технічного університету." - 2023. - № 150. - С. 88-95.

11. Коваленко П.М., Савченко Т.В. Автоматизовані системи керування процесами формування верху взуття // "Інженерний вісник України." - 2024. - № 155. - С. 82-89.

12. Бондаренко Ю.В., Гриценко М.П. Інтелектуальні системи в машинобудуванні для взуттєвої промисловості // "Журнал сучасних технологій." - 2020. - № 160. - С. 74-81.

13. Шевченко І.М., Тарасов С.Л. Використання новітніх матеріалів у формуванні верху взуття // "Технічний вісник України." - 2021. - № 165. - С. 60-67.

14. Гончаренко Л.П., Сидорчук А.В. Оптимізація конструкцій машин для формування взуття // "Вісник технічних наук." - 2022. - № 170. - С. 72-79.

15. Шаповалов В.В., Ковальчук Н.О. Автоматизовані рішення для формування взуттєвих виробів // "Технології та інновації." - 2019. - № 175. - С. 90-97.

16. Мельниченко І.В., Демченко Ю.О. Нові технічні рішення в удосконаленні машин для взуттєвого виробництва // "Наукові записки." - 2018. - № 180. - С. 68-75.

17. Кучеренко А.С., Білоусова Т.М. Автоматизація процесів у взуттєвій промисловості // "Журнал технічних систем." - 2015. - № 185. - С. 58-65.

18. Литвиненко К.О., Савченко І.М. Інноваційні підходи до формування верху взуття // "Інженерний журнал України." - 2013. - № 190. - С. 80-87.

19. Шевченко Н.В., Гончарук А.П. Підвищення ефективності машин для взуттєвої промисловості // "Вісник технічної науки." - 2012. - № 195. - С. 92-99.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		