

**Міністерство освіти і науки України**  
**Луцький національний технічний університет**  
**Факультет транспорту та механічної інженерії**  
**Кафедра галузевого машинобудування**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**МОДЕРНІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРЕСУ**  
**ДЛЯ РОЗКРОЮ ЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ**

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи М-41  
**Кухарик Максим Сергійович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
к.т.н., доцент  
**Селезньов Едуард Леонідович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
к.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
**Пуць Віталій Степанович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2025 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії  
Кафедра галузевого машинобудування  
Ступінь вищої освіти: бакалавр  
Галузь знань: 13 Механічна інженерія  
Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування  
Освітня програма: «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Пуць Віталій Степанович

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Кухарик Максим Сергійович*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Модернізація автоматизовано пресу для розкрою листового матеріалу*

Керівник роботи: Селезньов Е. Л.

затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» березня 2025 р. № 163/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «14» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи базові креслення устаткування, технічна характеристика, технічні умови.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

*Анотація Зміст Вступ. 1 Оглядова частина. 2 Проектна частина*

*3 Рекомендації з експлуатації обладнання. Висновки. Список використаних джерел. Додатки*

5. Перелік графічного матеріалу:

*1. Обладнання для автоматизованого розкроювання листових матеріалів – 1 л. ф. А1;*

*2. Автоматизований прес для розкрою листового матеріалу. Складальний кресл. – 3 л. ф. А1;*

*3. Схема розбирання преса – 1 л. ф. А1;*

*4. Деталювання – 1 л. ф. А1;*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Селезньов Е.Л., доцент		
Розділ 2	Селезньов Е.Л., доцент		
Розділ 3	Селезньов Е.Л., доцент		

7. Дата видачі завдання «19» березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми. Вступ.</i>	<i>29.03.2025 р.</i>	
2.	<i>1 Оглядова частина</i>	<i>15.04.2025 р.</i>	
3.	<i>2 Проектна частина</i>	<i>10.05.2025 р.</i>	
4.	<i>3 Рекомендації з експлуатації обладнання</i>	<i>24.05.2025 р.</i>	
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>28.05.2025 р.</i>	
6.	<i>Формування додатків</i>	<i>01.06.2025 р.</i>	
7.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічної частини</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
8.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
10.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>14.06.2025 р.</i>	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )  
(підпис) (прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Кухарик М.С. Модернізація автоматизовано пресу для розкрою листового матеріалу.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, оглядової частини, проектної частини, розділу рекомендацій з експлуатації обладнання, висновків, списку використаних джерел, додатків.

В роботі було проведено класифікацію методів різання, огляд технологій розкрою листових матеріалів, та обладнання для розкрою листового матеріалу. Проведено модернізацію конструкції преса для автоматизованого розкрою деталей з листового матеріалу, розраховано енергетичні параметри магнітно-імпульсної установки та розроблено технологічний процес ремонт елементів обладнання.

Ключові слова: АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПРЕС, ЛИСТОВИЙ МАТЕРІАЛ, ЕНЕРГЕТИЧНІ ПАРАМЕТРИ, МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНА УСТАНОВКА.

## ANNOTATION

Kukharyk M.S. Modernization of an automated press for sheet material cutting. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Industrial Mechanical Engineering" specialty 133 Industrial Mechanical Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, an overview part, a project part, a section of equipment operation recommendations, conclusions, a list of used sources, and appendices.

The work included a classification of cutting methods, a review of technologies for cutting sheet materials, and equipment for cutting sheet material. The design of the press for automated cutting of sheet material parts was modernized, the energy parameters of the magnetic pulse installation were calculated, and a technological process for repairing equipment elements was developed.

Key words: AUTOMATED PRESS, SHEET MATERIAL, ENERGY PARAMETERS, MAGNETIC-PULSE INSTALLATION.

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Кухарик				Модернізація автоматизовано пресу для розкрою листового матеріалу	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Селезньов					Д	3	46
Н. контр.	Мартинюк					ЛНТУ, ФТМІ, каф. ГМ, гр. М-41		
Затверд.	Пуць							

## ЗМІСТ

<b>АНОТАЦІЯ</b> .....	3
<b>ЗМІСТ</b> .....	4
<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА</b> .....	6
1.1 Класифікація методів різання.....	6
1.2 Технологія розкрою листових матеріалів.....	12
1.3 Огляд обладнання для розкрою листового матеріалу.....	14
<b>2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА</b> .....	22
2.1 Модернізація конструкції преса для автоматизованого розкрою деталей з листового матеріалу.....	22
2.2 Конструкція та принцип роботи модернізованої установки.....	24
2.3 Розрахунок енергетичних параметрів магнітно-імпульсної установки.....	26
2.4 Технологічний процес ремонту елементів обладнання.....	31
<b>3 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ</b> .....	40
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	44
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	45
<b>ДОДАТКИ</b> .....	46

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Радикальне прискорення науково-технічного прогресу та його впровадження на підприємствах народного господарства є ключовими напрямками економічного і соціального розвитку сьогодення. Одним з найважливіших завдань у цій сфері є забезпечення якісно нового рівня добробуту населення.

У взуттєвому виробництві науково-технічний прогрес виявляється в оснащенні підприємств технічними й автоматизованими засобами, вдосконаленні технологічного процесу та системи управління виробництвом, розширенні використання нових матеріалів, а також методів контролю якості готової продукції та технологічних процесів.

Застосування нового обладнання та прогресивних технологій визначає особливості виконання багатьох операцій з виготовлення взуття, підвищує вимоги до властивостей матеріалів та зумовлює використання досконаліших форм організації й управління виробництвом.

Комплекс заходів у рамках науково-технічного прогресу не лише збільшує продуктивність праці та обсяги випуску взуття, але й створює основу для виробництва взуття стабільно високої якості та широкого асортименту. Наразі, поряд з традиційними технологіями, процесами та операціями, у взуттєвому виробництві активно використовується автоматичне та напівавтоматичне обладнання.

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





США, дозволяє різати один шар синтетичних тканин за допомогою ультразвуку.

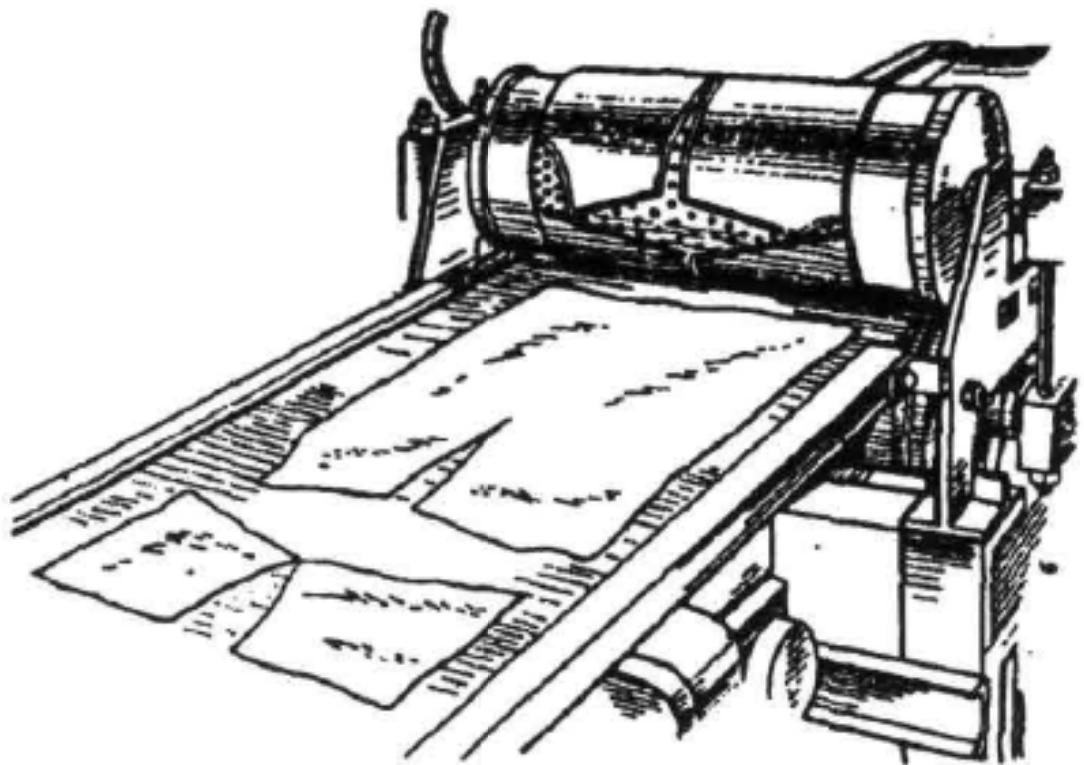


Рисунок 1.3 – Схема установки для роторного способу різання матеріалів.

Цей пристрій (рис. 1.4) працює в діапазоні звукових або ультразвукових частот (до 20 кГц). Він складається з вібруючого інструменту 1, який взаємодіє з опорою 3. Між ними розташована тканина, що розрізається або розтинається. Рухома смуга 2 просуває тканину в зазор між інструментом та опорою, яка виконує роль леза ножа.

Тканина розрізається повторюваними імпульсами. Якщо частота вібрації досить висока, звукова енергія, що діє на тканину під час різання, зварює або розплавляє вільні кінці волокон. Це, своєю чергою, запобігає обсіпанню тканини.

Перевагами цього методу є точність розрізу та зменшення втрат тканини. Однак до недоліків відноситься швидке зношування ріжучої кромки.

Метод лазерного різання базується на здатності майже всіх високополімерних матеріалів поглинати теплову енергію під впливом лазерного променя. Під дією цієї енергії матеріал піддається термічній деструкції тепловим потоком із зони різання.

									Арк.
									8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ

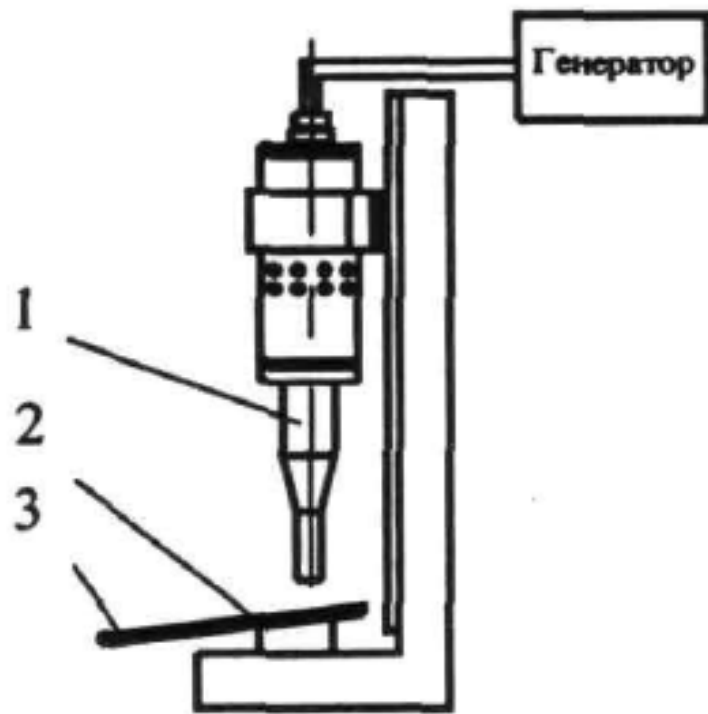


Рисунок 1.4 – Схема установки ультразвукового методу різання матеріалів.

Для різання синтетичних матеріалів 0,60 ммнайбільше придатний лазер потужністю 600,0 -800,0 Вт з фокусуванням променя в пучок діаметром до (рис. 1.5). Швидкість різання може досягати 0,40 м/с.

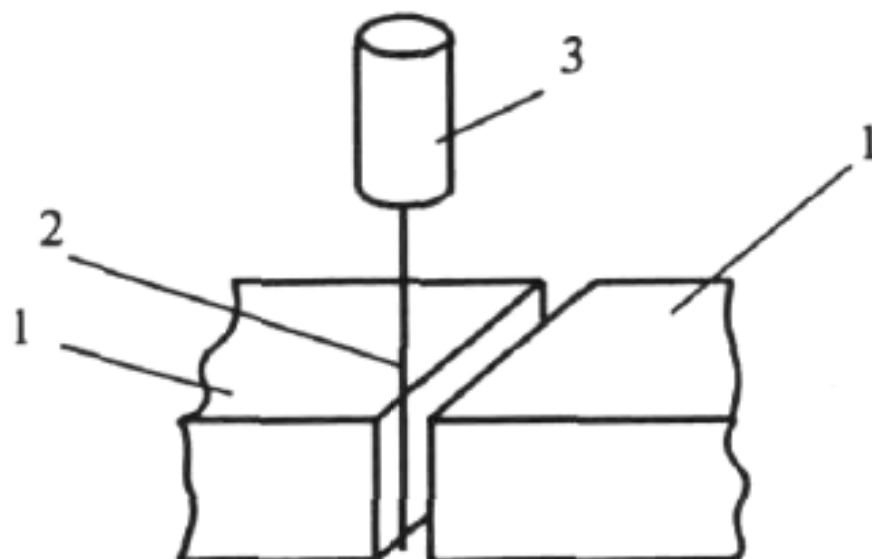


Рисунок 1.5 – Схема установки лазерного методу різання матеріалів: 1 – матеріал, 2 – лазерний промінь, 3 – квантовий генератор.

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Цей метод розкрою має низку переваг, зокрема високу точність порівняно з механічними способами, можливість автоматизації процесу та зменшення втрат матеріалу. Однак є й недоліки: він погано ріже окремі елементи, може призвести до спікання шарів тканини та не підходить для чорнового різання підлогових покриттів.

При різанні непровідних текстильних матеріалів електроіскровим методом використовується спеціальний електрод 4 у вигляді графітової доріжки 3, що повторює контури деталей, які потрібно розрізати (рис. 1. 6). Другий електрод 1 розташовується на мінімальній відстані від матеріалу. Коли на електроди подається струм високої напруги ( $I=150,0$  мА,  $U=35,0$  кВ), виникають імпульси електричного розряду, які призводять до руйнування (пробою) матеріалу. У тканинах із синтетичних волокон, при використанні цього методу, спостерігається оплавлення країв розрізів. Середня швидкість різання тканин таким способом становить 1,0–3,00 см/с за товщини тканини не більше 0,50 мм.

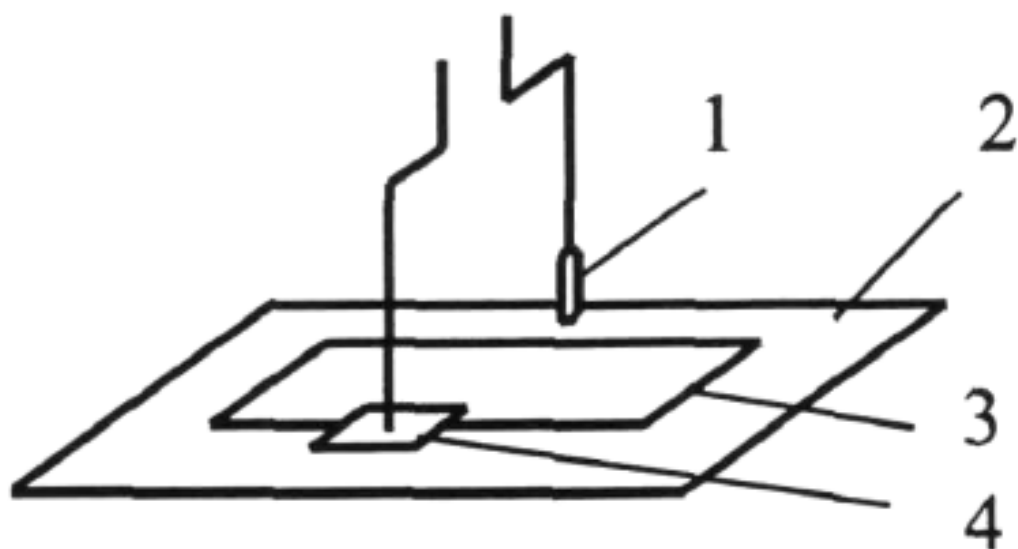


Рисунок 1.6 – Схема установки для електроіскрового методу різання матеріалів: 1 – електрод, 2 – верхній лист, 3 – графітова смуга, 4 – електрод.

Перевагою цього методу є зменшення втрат матеріалу. Проте він має недоліки: низька якість та точність різання, а також забруднення зони різучої.

Мікроплазмовий метод різання матеріалів використовує мікроплазму –

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

іонізований газ, що утворюється під дією електричного поля за відносно невеликої сили струму та температури. Цей метод базується на застосуванні мікроплазмового струменя під тиском 0,30 МПа (створеного розрядною дугою) для нагрівання та руйнування певної ділянки матеріалу (рис. 1. 7). Як робочі гази зазвичай використовують аргон або суміш азоту й аргону. Практичне застосування цього методу можливе лише при різанні в один шар зі швидкістю до 0,3 м/с, оскільки різання синтетичних матеріалів супроводжується плавленням та спіканням зрізу.

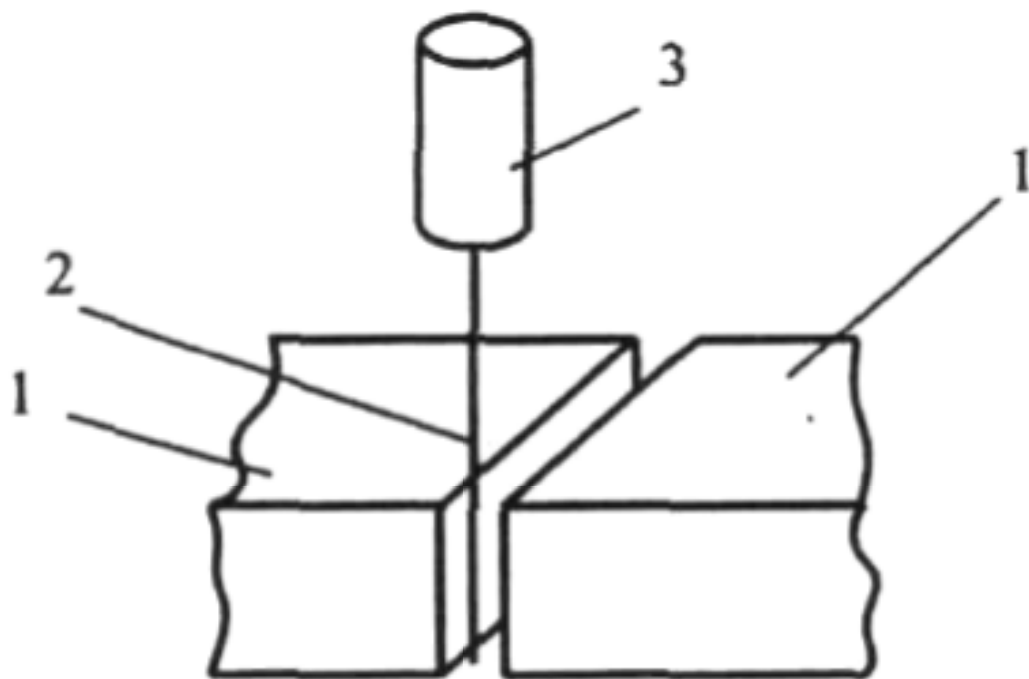


Рисунок 1.7 – Схема установки для мікроплазмового методу різання матеріалів: 1 – матеріал, 2 – мікроплазмовий струмінь, 3 – плазмотрон.

До переваг мікроплазмового методу належать зниження втрат матеріалу, висока якість лінії різання та можливість автоматизації процесу. Серед недоліків – неможливість різання товстого шару підлогового покриття та ймовірність оплавлення різаного краю тканин із синтетичних волокон.

Гідромоніторний метод різання матеріалів ґрунтується на ріжучих властивостях тонкого струменя води, що виходить зі спеціального сопла під високим тиском (рис. 1. 8). Гідроабразивне різання зазвичай виконується по контуру. Струмінь (суміш води та полімеру) подається під тиском 70,0-350,0 МПа

										Арк.
										11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ					

через сопло діаметром 0,0750-0,30 мм зі швидкістю понад 350,0 м/с.

Перевагами цього методу є висока якість різання, відсутність оплавлення країв та зварювання матеріалу, а також можливість автоматизації процесу різання. Недоліки включають складність обладнання, відносно низьку продуктивність при значних витратах та необхідність розробки спеціальних інструментів для забезпечення безпеки робіт.

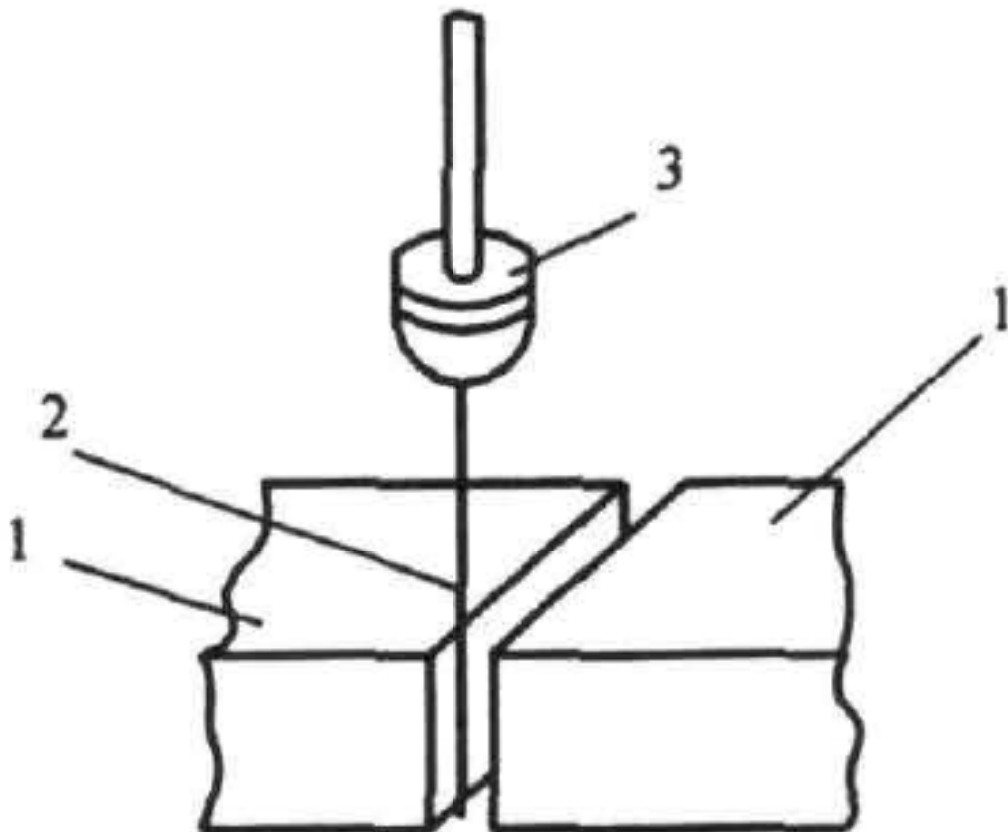


Рисунок 1.8 – Схема установки для гідромоніторного способу різання матеріалів: 1 – матеріал, 2 – струмінь води, 3 – сопло

## 1.2 Технологія розркою листових матеріалів

Розкрій натуральної шкіри на деталі верху взуття здійснюється у такій послідовності:

Спочатку відбувається приймання шкіри для верху та підкладки. Шкіра надходить партіями, і її якість перевіряється відповідно до паспорта виробника, де

									Арк.
									12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ				

зазначені фізико-механічні властивості, хімічний склад, а також марка, площа та група товщини.

Далі відбувається складання завдань на різання. Ці завдання розробляються для кожної виробничої партії шкіри з метою максимально ефективного використання всіх її топографічних зон. При цьому враховується можливість комбінування різних типів, груп та розмірів взуття. Кожне завдання містить не більше трьох розмірів або комплектів деталей, а для кожного закрійника складається індивідуальне завдання.

Наступним кроком є відбір виробничих партій шкур. Партії відбираються за однорідними ознаками, такими як тип, конфігурація, групи товщини та площі, фарбування, міри, сорт та призначення. При формуванні партій продукції враховується фактор площі: шкіри вищих сортів та більшої площі використовуються для обробки більших деталей, а шкіри нижчих сортів та меншої площі – для деталей відповідно менших розмірів.

Потім складаються схеми розкрою шкур. Для кожної моделі взуття розробляються варіанти схем, за якими проводиться пробний розкрій для порівняння фактичних результатів з нормативними та плановими показниками. Схема, що забезпечила найбільший відсоток використання матеріалу, приймається для основного розкрою.

Після цього відбувається розкрій шкіри та організація роботи закрійника. Різьбяр перевіряє готовність преса, стан відпиленої колоди чи обаполу, а також правильність підбору різців відповідно до завдання. Різання проводиться на пресах за допомогою різців. Процес різання починається з найкращих шкур, з яких вирізається найбільша кількість придатних деталей.

Нарешті, усі розкроєні деталі маркуються організаційно-технічним тавром, що містить номер партії та прізвище закрійника. Клеймо ставиться на всі верхні деталі зі зворотного (бахтарм'яного) боку в районі стягуючої кромки для швидкого та безпомилкового складання деталей у комплекти перед зшиванням.

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Пресувальні вали (1) встановлені в підшипниках ковзання (12), які підпружинені знизу (13) та спираються на клини (14). Клини (14) можуть горизонтально переміщуватися за допомогою гвинтів (15), з'єднаних з маховиками (16). Опорні вали (2) також підпружинені знизу пружинами (13). Привідний вал (17) багатолезового ріжучого пристрою отримує обертання від електродвигуна (18) через черв'ячну (19) та ланцюгову (20) передачі. Далі рух передається через ланцюгову передачу (21) на опорні вали (2) та через шестерні (22, 23) і ланцюгову передачу (24) на приводну зірочку (9) приводного конвеєра. Обертання опорних валів (2) в одному напрямку забезпечується шестернями (25-27).

Машина також оснащена пристроєм (28) для намотування відходів у рулон, який отримує обертання через ланцюгову передачу (29).

Матеріал, що розрізається, вручну подається з рулону в зону затискного пристрою. Після увімкнення електродвигуна (18) матеріал проходить між робочими частинами пластинчастого та приводного конвеєрів. Він розрізається шляхом поступового вдавлення в ножі різача за допомогою затискного (1) та опорного (2) валів. Синхронний рух матеріалу та робочих ділянок конвеєра забезпечує якісне різання. Додаткові пари опорних притискних валів запобігають вирізанням деталей у напрямку різання. Готові деталі виштовхуються з лез різача пружинами та вивантажуються в бункер або на розвантажувальний конвеєр. Основним недоліком цієї машини є невідповідність розмірів відрізаних деталей розмірам фрез. Це відбувається через поздовжнє розтягування матеріалу під час різання та перекіс різання деталей у напрямку різання, який виникає при наїзді притискного валу на фрезу.

Існує також інший тип машини для безперервного різання плоского матеріалу, який використовується для розкрою листових матеріалів. Його особливість полягає в металевій опорній поверхні для різців, що виконана у вигляді піддону. Піддони консольно закріплені на конвеєрі, а простір між різцями на піддоні заповнений металевим дробом. Цей винахід застосовується у взуттєвій та галантерейній промисловості для різання листових або рулонних матеріалів на деталі.

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Вибраний прототип, що включає нескінченний конвеєр з металевою опорною поверхнею для різців, де металеві опорні поверхні є валами, також має недолік. Він полягає в невідповідності розмірів розрізуваних деталей розмірам різців при різанні товстих матеріалів, що призводить до низької якості різання. Крім того, незручності виникають під час обслуговування верстата при заміні різців, наприклад, при зміні асортименту деталей або зносі самих різців.

Даний винахід ілюструється кресленнями, на яких зображено схему пристрою (рис. 1.10) та схему роботи затискного пристрою (рис. 1.12).

Нова машина для безперервного різання плоского матеріалу являє собою горизонтальний замкнутий конвеєр з робочою (1) та холостою (2) гілками. До нього за допомогою шарнірних ланок (3) прикріплені консольні піддони (4), опорні різці (5), а також затискний вузол, що має затискний (6) та опорний (7) вали, розташовані перпендикулярно до напрямку транспортування піддонів. При цьому натискні вали змонтовані на рамі (9) (рисунок 2.10), яка може обертатися навколо осі (10). Сила натиску валів регулюється пружиною (11) з гвинтовою парою (12). Привід машини здійснюється електродвигуном (8), який кінематично пов'язаний черв'ячною передачею (1, 14, 15) та зірочками (18, 19) з конвеєрним, натискним та опорним валами.

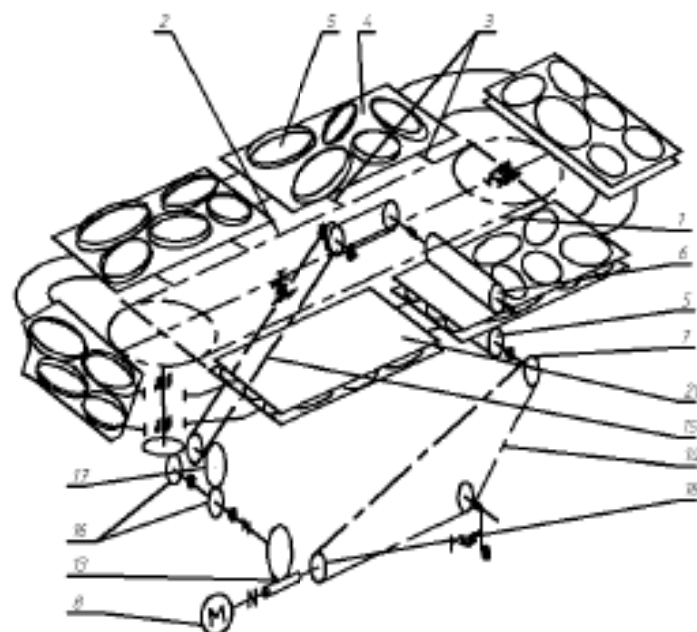


Рисунок 1.10 – Схема пристрою для автоматизованого різання

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк. 16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Машина працює наступним чином. Розрізаний матеріал подається з рулону або листів в зону між затискним вузлом . різака. Поступове втискання здійснюється за рахунок того, що затискні вали (6) (рис. 1.11) встановлені на рамі (9), яка, обертаючись навколо осі (12), утворює певний кут , причому перший вал впливає на розрізаний матеріал з меншим зусиллям.

Готові деталі виштовхуються із фрез пружинами (на схемі не показані).

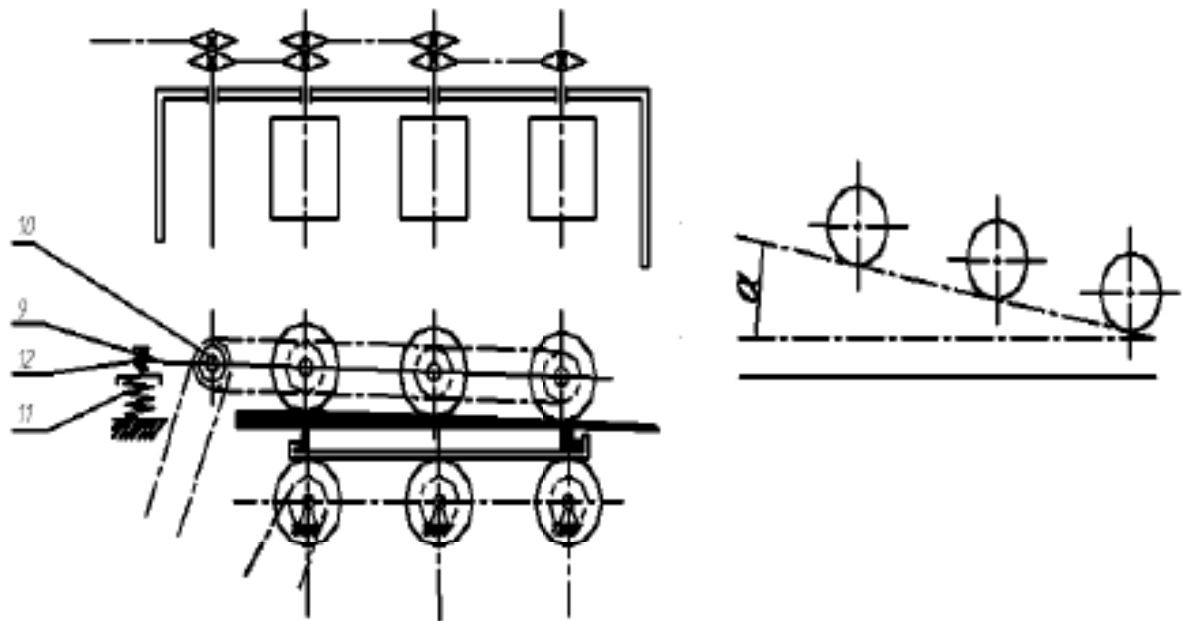


Рисунок 1.11 – Схема роботи затискного пристрою

Фрези (5) легко розташовуються на піддонах (4), що значно спрощує їх заміну, наприклад, при зміні асортименту деталей. Для цього достатньо зняти їх з піддону, який знаходиться з боку непрацюючої частини (2) конвеєра, та замінити новими відповідно до асортименту та карти розкрою.

Щоб запобігти зміщенню різців у піддонах під час руху холостою частиною конвеєра через вібрацію, їх необхідно щільно вкласти в піддони та, за потреби, заповнити вільний простір між різцями металевою стружкою (рис. 1.11). У такому випадку невелике коливання різців не матиме значення. Під час руху між роликами різці притискаються до піддону, і сила тертя не дозволяє їм зрушити з місця. Крім того, поступове входження різців у зону різання, завдяки встановленню валів під

										Арк.
										17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ					

певним кутом, також запобігає їх зміщенню. На рис. 1.12 показано, як різець поступово вдавлюється валами в матеріал зліва направо: правий край різця вже увійшов у матеріал, а лівий тільки починає вдавлюватися.

Консольно закріплені на конвеєрі піддони спрощують обслуговування машини для заміни фрез завдяки зручнішому доступу до них з неробочої сторони.

Існує прес, який відрізняється тим, що його двигун працює в імпульсному режимі, споживаючи електроенергію лише під час операції різання. Він також містить пристрій для визначення форми контуру листа натуральної шкіри, його площі та виявлення дефектів на поверхні.

Ця корисна модель стосується легкої промисловості, зокрема пресового обладнання для викрійки деталей з текстильних матеріалів, картону, штучної та натуральної шкіри з можливістю їх одночасної перфорації. Її можна використовувати у взуттєвому, швейному та шкіргалантерейному виробництві.

Відомий прес для вирубки деталей з листових матеріалів та натуральної шкіри з можливістю їх одночасної перфорації (рис. 1.12) включає ріжучу головку, позиціонування якої здійснюється за допомогою комп'ютера, та касету з різак. Згідно з пропонованим винаходом, для створення робочого зусилля привід ріжучої головки преса використовує блок живлення, необхідний для виконання технологічної операції відповідно до периметра різача та оброблюваного матеріалу. Також є скануючий пристрій для визначення форми контуру листа натуральної шкіри, його площі та виявлення дефектів на поверхні.

На рис. 1.12 схематично зображено прес для вирубування деталей з листового матеріалу та натуральної шкіри, а також напрямки руху каретки та сателіту.

Основними недоліками цього преса є складна конструкція, висока металомісткість механізму зміни касет з різцями, а також обмеженість його застосування лише для різання листових матеріалів або їх настилу.

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

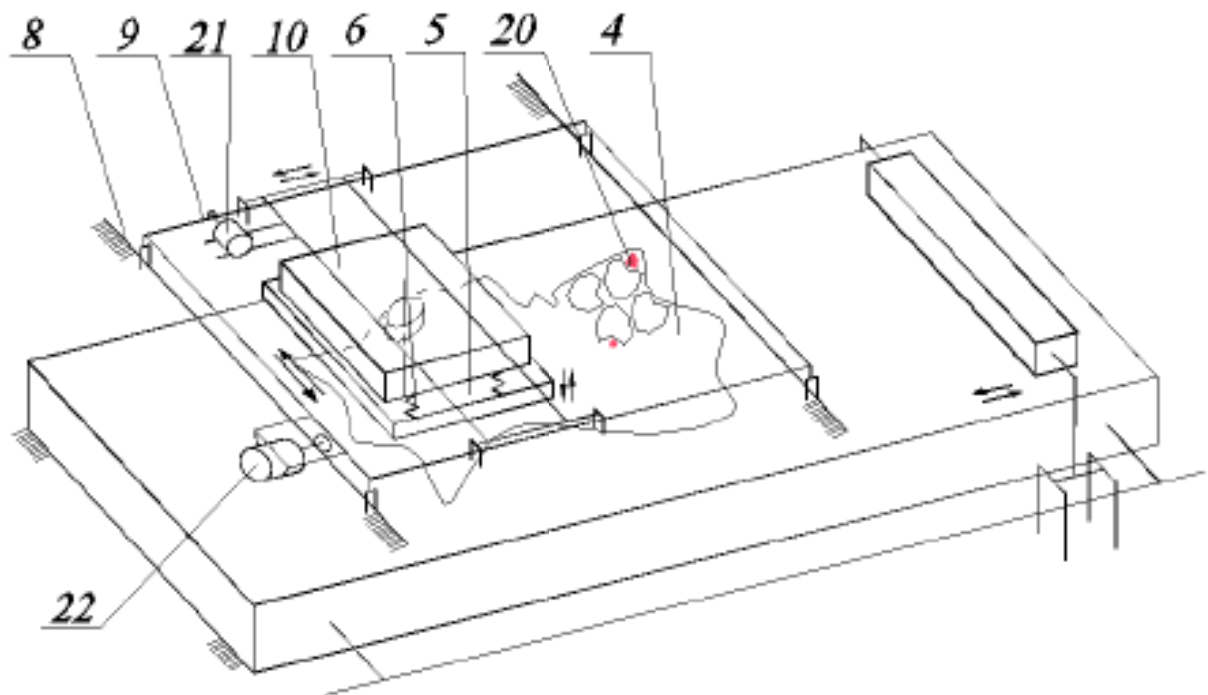


Рисунок 1.12 - Діаграма пресування

На рис. 1.13 представлена конструкція ріжучого інструмента преса для вирубання деталей з листового матеріалу та натуральної шкіри.

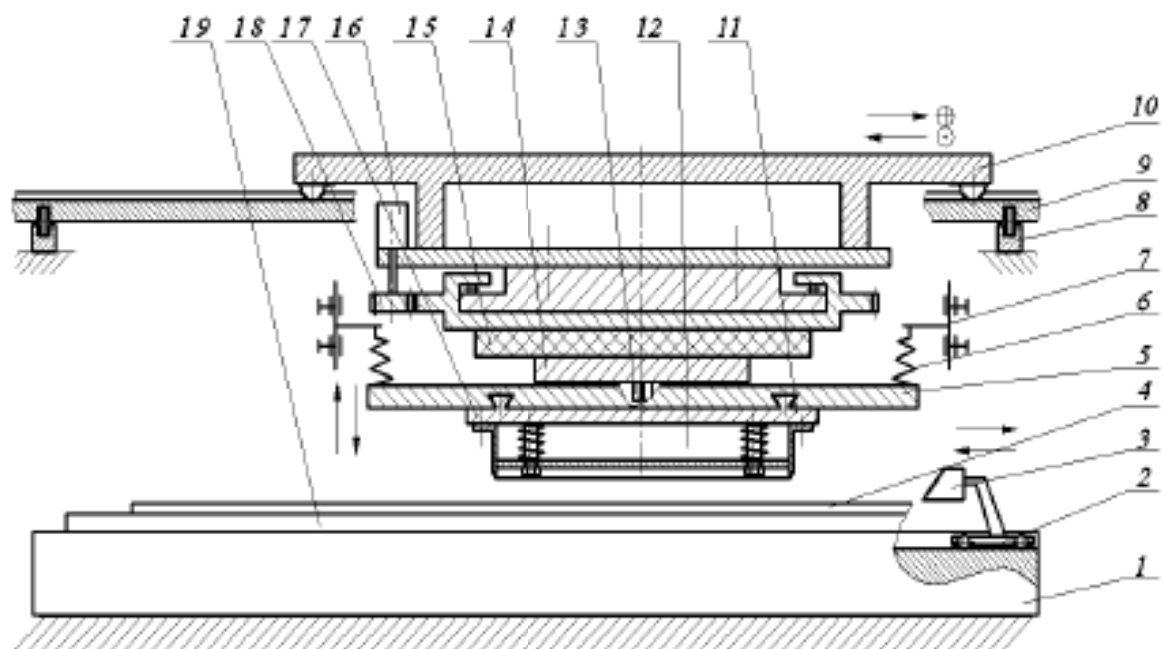


Рисунок 1.13 – Конструкція ріжучої голівки преса

				КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
						19

На рис. 1. 14 показаний фрагмент листа з дефектом (20) на його поверхні після вирізування деталей фрезами різної форми та розмірів.

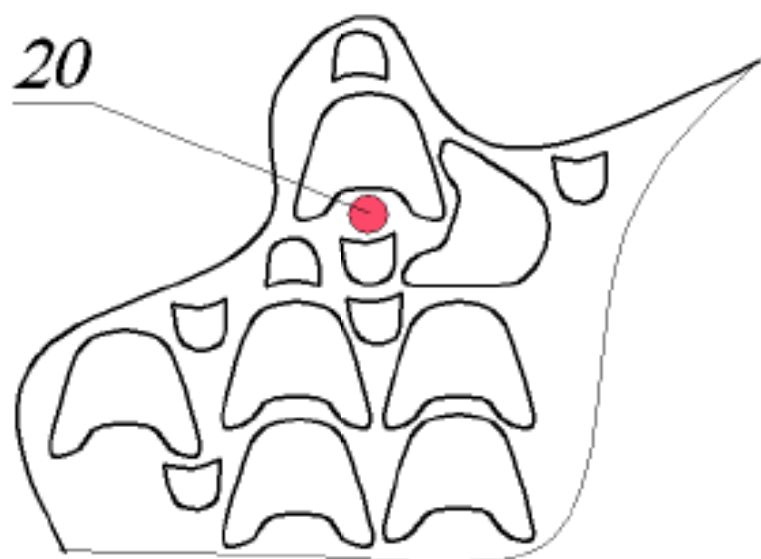


Рисунок 1.14 – Фрагмент листа натуральної шкіри

На рис. 1.15 показано вирізану деталь верху взуття - шкарпетку з одночасною його перфорацією.

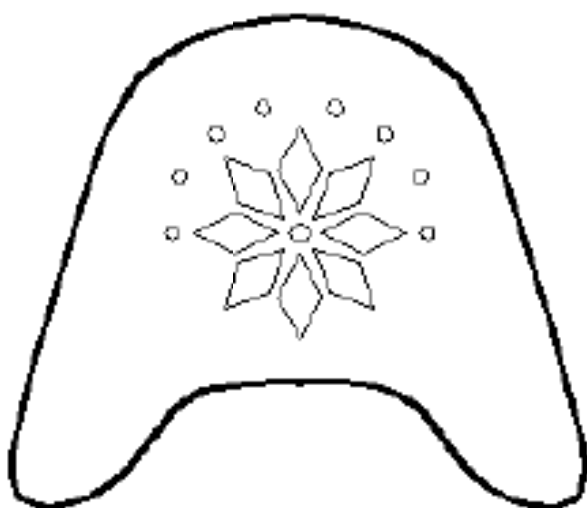


Рисунок 1.15 – Вирізана частина

Цей пристрій рухається по напрямних балках (2) завдяки двигуну (16) та приводній шестерні (18). Ріжуча головка оснащена приводом, який складається з плоского індуктора (14) з провідниками (13) та компаньйона (5), підвішеного на пружинах (6). Компаньйон рухається вертикально, коли на спіраль індуктора подається імпульс напруги. Індуктор (14) кріпиться до колеса, що обертається, через ізолюючу прокладку (15). У пази сателіта (5) вставлено ріжучу касету (17) з різцем (11), яка має пружну пластину (12), що слугує для скидання готової деталі.

Прес для вирубування деталей з листового матеріалу та натуральної шкіри функціонує наступним чином:

Оператор вручну завантажує лист матеріалу (4) на ріжучу пластину (19), встановлює потрібну касету (17) з різцем (11) і запускає програму керування пресом. Якщо розкрій виконується з натуральної шкіри, на дефекти (порізи, отвори) заздалегідь наносять спеціальні наклейки з високим коефіцієнтом світловідбивання, площа яких відповідає площі дефектів.

Після цього починається операція різання, що складається з циклічно повторюваних етапів позиціонування та безпосереднього різання деталі.

Після запуску програми керування пресом та введення інформації про параметри різача й оброблюваного матеріалу спрацьовує механізм скануючого пристрою (2) по станині (1), що дозволяє внести інформацію про поверхню матеріалу. За допомогою спеціальної комп'ютерної програми здійснюється оптимальне розміщення геометрії встановленого різача (11), а також визначається необхідне зусилля для виконання технологічної операції, на підставі чого встановлюються оптимальні режими роботи преса. Наприкінці цього етапу відбувається перше позиціонування ріжучої головки (10) завдяки можливості поздовжніх, поперечних та обертальних переміщень.

На індуктор (14) через струмопровідну жилу (13) подається імпульс напруги. Завдяки сильному імпульсному магнітному полю сателіта (5), що взаємодіє з індуктором (14), він з певним зусиллям рухається у напрямку різання разом з касетою (17) та різцем (11). Після вирізання деталі сателіт повертається у вихідне положення під дією пружин (6). Одночасно пластину (12) за допомогою пружин (7)

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

скидає деталь з різака, залишаючи її на місці вирізаного отвору. Конденсатор блоку живлення накопичує енергію для вирізання наступної деталі, що відбувається після позиціонування головки (10). Після вирізання деталі цим різак, що супроводжується звуковим сигналом, оператор за необхідності замінює касету на інший різак, і цикл повторюється.

Після вирізання останньої деталі оператор встановлює наступний лист матеріалу, і цикл починається знову.

За результатами аналізу технічних процесів та обладнання для розкрою натуральної шкіри виявлено, що на сьогодні існує багато видів розкрою матеріалів для взуття та шкіргалантерейних виробів. Однак більшість з них є малопродуктивними, трудомісткими, вимагають значних витрат часу та високої кваліфікації робітників, а їх точність не завжди є високою.

Згодом у взуттєву промисловість впроваджуються нові верстати для розкрою матеріалів та натуральної шкіри, зокрема повністю автоматизовані. Вони дозволяють здійснювати розкрій матеріалів з мінімальною участю людини в процесі. Технологічний процес у таких верстатах забезпечується різноманітними програмами, роботами, датчиками та перетворювачами.

Розвиток таких машин легкої промисловості відкриває нові можливості для людини, зокрема: підвищення продуктивності праці; поліпшення якості різання; безперервність процесу; механізація подачі тканини; точність різання; зменшення втрат матеріалів; отримання високоякісної лінії різання.

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Модернізація конструкції преса для автоматизованого розкрою деталей з листового матеріалу

Аналіз наявного обладнання для розкрою матеріалів у легкій промисловості показав, що найперспективнішими є автоматизовані верстати. З огляду на тематику дисертації, яка передбачає розкрій матеріалів для верху взуття, оптимальним рішенням є прес із магнітно-імпульсною установкою для створення робочого зусилля.

На початковому етапі проєктування необхідно визначити основні механізми складальної одиниці, їхню взаємодію та представити це у вигляді структурної схеми. На її основі згодом розробляється кінематична або повна технологічна схема механізму.

Структурна схема допомагає зрозуміти загальну побудову системи, показує взаємозв'язок окремих механізмів та їхніх пристроїв керування. Вона також відображає розподіл енергії, що надходить від джерела, між окремими елементами системи.

Сучасна машина зазвичай складається з таких елементів:

- Пристрій живлення, що забезпечує безперервну подачу сировини в машину.
- Привід.
- Виконавчі механізми з робочими органами.
- Механізми регулювання, контролю, захисту тощо.

Приводи включають двигуни та приводні пристрої (редуктори, зубчасті або ланцюгові передачі тощо), які слугують для передачі руху від двигуна до провідних ланок виконавчих механізмів. Виконавчі механізми перетворюють рух провідної ланки і передають його у зміненому вигляді до веденої ланки.

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

## 2.2 Конструкція та принцип роботи модернізованої установки

Магнітно-імпульсна обробка матеріалів полягає у використанні електродинамічних сил, які в імпульсному режимі можуть досягати значних величин. Якщо створюваний електродинамічними силами тиск перевищує межу міцності матеріалу, заготовка деформується. Цей процес часто називають магнітним штампуванням.

Під час магнітно-імпульсної обробки електрична енергія, накопичена в конденсаторній батареї, перетворюється на енергію імпульсного магнітного поля при подачі заряду на індуктор або безпосередньо на оброблювану деталь. Це магнітне поле виконує роботу з деформації деталі.

Один з ключових способів покращення характеристик магнітно-імпульсної установки — це правильний вибір типу індуктора. Завдяки класифікації індукторних систем за видом виконуваних операцій та аналізу закономірностей зміни напруженості магнітного поля в робочій зоні, ми дійшли висновку, що найефективнішим є використання плоского магнітного індуктора з так званим супутником. Використання супутника не лише дозволяє обробляти деталі з низькопровідних матеріалів, але й забезпечує рівномірний тиск по всій площині оброблюваної деталі.

Прес для розкрою деталей верху взуття з листового матеріалу та натуральної шкіри складається зі станини (11), на якій встановлені ріжуча пластина (16) і матеріал. Також є цифрова камера (35) для виявлення дефектів на поверхні натуральної шкіри та визначення їх площі. Власне ріжуча головка здатна здійснювати поздовжні, поперечні та обертальні рухи завдяки двигуну (37) та приводній шестерні (15). Головка оснащена приводом, що включає плоский індуктор (1) зі струмопроводами (10) та сателіт (5), підвішений на пружинах (4). Сателіт рухається у вертикальному напрямку при подачі імпульсу напруги на спіраль індуктора, прикріпленого до колеса, що обертається, через ізолюючу прокладку (12). У пази сателіта (5) вставлена ріжуча касета (14) з різцем (8), в якій встановлена пружна пластина (9), що служить для скидання готової деталі.

						КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			24

Прес для вирубування деталей з листового матеріалу та натуральної шкіри працює таким чином:

Оператор завантажує лист матеріалу на ріжучу пластину (16), встановлює необхідну касету (14) з різакром (8) і запускає програму управління пресом. При розкрій деталей з натуральної шкіри на місця з дефектами (порізи, отвори) заздалегідь наносять спеціальні наклейки з високим коефіцієнтом світловідбивання, площа яких відповідає площі дефектів.

Після цього починається операція різання, що складається з циклічно повторюваних циклів позиціонування та безпосереднього різання деталі.

Після запуску програми управління пресом та введення інформації про параметри різачка й оброблюваного матеріалу камера (35), розташована над ріжучою пластиною, фотографує матеріал (натуральну шкіру). При цьому ріжуча каретка знаходиться у вихідному положенні, тобто поза ріжучою пластиною (16). Таким чином, вносяться корективи щодо форми контуру листа натуральної шкіри та дефектів на його поверхні. За допомогою спеціальної комп'ютерної програми проводиться оптимальне розміщення геометрії встановленого різачка (8), а також визначається необхідне зусилля для виконання технологічної операції, на підставі чого встановлюються оптимальні режими роботи преса.

Наприкінці цього етапу відбувається перше позиціонування ріжучої головки за рахунок можливості поздовжніх, поперечних та обертальних переміщень. На індуктор (1) через провідники (10) подається імпульс напруги. Завдяки сильному імпульсному магнітному полю сателіта (5), що взаємодіє з індуктором (1), він з певним зусиллям рухається у напрямку різання спільно з касетою (14) та різакром (8). Після різання деталі сателіт повертається у вихідне положення під дією пружин (4). Одночасно пластина (9) за рахунок пружин (32) скидає деталь з різачка, залишаючи її на місці вирізаного отвору. Конденсатор блоку живлення накопичує енергію для вирізання наступної деталі після позиціонування головки. Після завершення вирізування деталей цим різакром, що супроводжується звуковим сигналом, оператор за потреби замінює касету

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

іншим різакром, і далі цикл повторюється.

Після того, як остання частина вирізана, оператор встановлює наступний аркуш матеріалу. Цикл повторюється з початку.

### 2.3 Розрахунок енергетичних параметрів магнітно-імпульсної установки

Розрахунок основних енергетичних параметрів магнітно-імпульсної установки проводиться за відомою методикою [ 2; 5 ].

Встановлюємо роботу різання  $A = 50,0$  Дж.

1. Енергія ємнісного накопичувача, Дж:

$$W_H = \frac{A}{\eta_m \cdot \eta_n} \quad (2.1)$$

де  $\eta_m = 0,90$ - Коефіцієнт, що враховує передачу магнітної енергії в систему індуктор-деталь;

$\eta_n = 0,030$ - механічний ККД;

$$W_H = \frac{50,0}{0,90 \cdot 0,030} = 1851,850$$

2. Початкове значення ємності конденсаторної батареї, мкФ:

$$C_1 = \frac{2 \cdot W_H}{U^2}, \quad (2.2)$$

де  $U = 5000,0$  - Напряга розряду конденсатора .

$$C_1 = \frac{2 \cdot 1851,85}{5000,0^2} = 0,000150$$

3. Кількість конденсаторів (округлена до найближчого більшого цілого числа):

$$n = \frac{C_1}{C_k}, \quad (2.3)$$

де  $C_k = 200,0 \cdot 10^{-6} F$  - ємність одного конденсатора;

									Арк.
									26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$n = \frac{0.000150}{200,0 \cdot 10^{-6}} = 0.750$$

Тому ми використовуємо один конденсатор ємністю 200,0 мкФ.

4. Місткість конденсаторної батареї, мкФ:

$$C = C_k \cdot n = 200,0 \cdot 1 = 200,0. \quad (2.4)$$

5. Індуктивність коаксіального кабелю та конденсаторів, Гн:

$$L_c = \frac{L_c^*}{n} + L_k, \quad (2.5)$$

де  $L_c^* = 600 \cdot 10^{-9}$  а  $Hn$  – власна індуктивність конденсатора;

$L_k = 400 \cdot 10^{-9}$  а  $Hn$  – індуктивність коаксіального кабелю.

$$L_c = \frac{600,0 \cdot 10^{-9}}{1,0} + 400,0 \cdot 10^{-9} = 10,0 \cdot 10^{-6}$$

6. Власна циклічна частота розрядного струму контуру системи  $c^{-1}$ :

$$\omega_c = \frac{1}{\sqrt{L_c \cdot C}} = \frac{1}{\sqrt{10,0 \cdot 10^{-6} \cdot 200,0 \cdot 10^{-6}}} = 71\,428,570 \quad (2.6)$$

7. Робоча циклічна частота розрядного струму  $c^{-1}$ :

$$\omega_p = \omega_c \cdot \sqrt{1 - \eta_m} = 71\,428,570 \cdot \sqrt{1,0 - 0,90} = 22\,587,70 \quad (2.7)$$

8. Власна частота розрядного струму, Гц:

$$f_c = \frac{\omega_c}{2 \cdot \pi} = \frac{71\,428,570}{2,9 \cdot 3,14} = 11\,373,970 \quad (2.8)$$

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

9. Робоча частота розрядного струму, Гц:

$$f_p = \frac{\omega_p}{2 \cdot \pi} = \frac{22\,587,70}{2,0 \cdot 3,14} = 35\,96,760 \quad (2.9)$$

10. Опір розрядного струму, Ом:

$$Z = \sqrt{\frac{L_c}{C}} = \sqrt{\frac{10^{-6}}{200,0 \cdot 10^{-6}}} = 0,0710 \quad (2.10)$$

11. Відносний коефіцієнт загасання:

$$\alpha = \frac{\sqrt{\rho_u} + \sqrt{\rho_c}}{2 \cdot h_B \cdot \sqrt{2 \cdot \omega_p \cdot \mu_0}}; \quad (2.11)$$

де  $\rho_u = 2,1 \cdot 10^{-8}$  а Ом · м - питомий опір матеріалу спіралі індуктора;

$\rho_c = 2,62 \cdot 10^{-8}$  а Ом · м - питомий опір матеріалу супутника;

$h_B = 2 \cdot 10^{-3}$  м – це розмір повітряного зазору між супутником та індуктором;

$\mu_0 = 4 \cdot 10^{-7} \cdot \pi$  Гн/м - це магнітна проникність повітря.

$$\alpha = \frac{\sqrt{2,10 \cdot 10^{-8}} + \sqrt{2,620 \cdot 10^{-8}}}{2,0 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{2 \cdot 22\,587,70 \cdot 4,0 \cdot 10^{-7} \cdot 3,14}} = 0,320$$

12. Товщина супутника, м:

$$\delta = \sqrt{\frac{\pi}{f_p \cdot \gamma \cdot \mu_0}}; \quad (2.12)$$

де  $\gamma = 3,7 \cdot 10^7$  1/Ом · м - електропровідність матеріалу супутника.

$$\delta = \sqrt{\frac{3,14}{3\,596,760 \cdot 3,70 \cdot 10^7 \cdot 4,0 \cdot 10^{-7} \cdot 3,14}} = 0,00430$$

Тому приймаємо товщину супутника рівною 0,005 м.

									Арк.
									28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ				

13. Напруженість магнітного поля у робочій зоні, А/м:

$$H_0 = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_M \cdot \rho_M \cdot \omega_p \cdot \delta}{\mu_0 \cdot e^{-\alpha x} \cdot \pi}}, \quad (2.13)$$

де  $V_M = 10 \text{ м/с}$  - швидкість супутника;

$\rho_M = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  - щільність матеріалу супутника.

$$H_0 = 2 \cdot \sqrt{\frac{10,0 \cdot 2700 \cdot 22587,70 \cdot 0,0050}{4,0 \cdot 10^{-7} \cdot 3,14 \cdot 2,72^{0,32 \cdot 3,14} \cdot 3,14}} = 2,90 \cdot 10^6$$

14. Величина зазору між бойком і різцем, м:

$$\Delta h_B = \frac{\mu_0 \cdot H_0^2 \cdot e^{-\alpha x} \cdot \pi^2}{8 \cdot \delta \cdot \omega_p^2 \cdot \rho_M} = \frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot 3,14 \cdot (2,9 \cdot 10^6)^2 \cdot 2,72^{0,32 \cdot 3,14} \cdot 3,14^2}{8 \cdot 0,0050 \cdot 22587,70^2 \cdot 2700,0} = 0,70 \cdot 10,0^{-3} \quad (2.14)$$

15. Еквівалентна індуктивність індуктора та супутника, Гн:

$$L_{ЭИ} = \frac{1}{\omega_p^2 \cdot C} - L_C = \frac{1,0}{22587,70^2 \cdot 200,0 \cdot 10^{0-6}} - 10^{-6} = 8,80 \cdot 10^{0-6} \quad (2.15)$$

16. Число витків індуктора:

$$\omega_H = \sqrt{\frac{L_{ЭИ} \cdot (D-d)}{\pi \cdot \mu_0 \cdot (D+d) \cdot h_B}}, \quad (2.16)$$

де  $D = 0,25 \text{ м}$  - зовнішній діаметр спіралі індуктора;

$d = 0,05 \text{ м}$  - внутрішній діаметр спіралі індуктора.

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ				

$$\omega_H = \sqrt{\frac{8,80 \cdot 10^{-6} \cdot (0,250 - 0,050)}{3,14 \cdot 4,0 \cdot 10^{-7} \cdot 3,14 \cdot (0,250 + 0,050) \cdot 10^{-3}}} = 38,580$$

Ми приймаємо  $\omega_H = 38$ .

17. Амплітудне значення струму розряду, А:

$$I_m = \frac{U}{Z} = \frac{5000,0}{0,0710} = 70\,422,50 \quad (2.17)$$

18. Розміри рулону з ізоляцією, м:

$$b_{ИД} = \frac{D-d}{2 \cdot \omega_H} - 2 \cdot \Delta_{из}, \quad (2.18)$$

де  $\Delta_{из} = 10^{-3} \text{ м}$  - Товщина ізоляції обмотки.

$$b_{ИД} = \frac{0,250 - 0,050}{2 \cdot 38,0} - 2,0 \cdot 10^{-3} = 0,60 \cdot 10^{-3}$$

19. Тривалість удару (імпульсного впливу), з:

$$t_0 = \frac{\pi}{2} \sqrt{L_{ЭИ} C} = \frac{3,14}{2,0} \sqrt{8,80 \cdot 10^{-6} \cdot 200,0 \cdot 10^{-6}} = 0,660 \quad (2.19)$$

20. Зусилля в ізоляції витків, Н/м:

$$\sigma_{ИЗ} = \sqrt{\frac{E_{ИЗ}}{\Delta_{ИЗ} \cdot 2 \cdot a_{ИД}} \cdot \frac{e^{-\alpha x} \cdot \pi \cdot H_0^2 \cdot \mu_0}{4 \cdot \rho_M \cdot \omega_p}} \leq [\sigma_3], \quad (2.20)$$

де  $E_{ИЗ} = 10^{10}$  - модуль пружності лавсанової ізоляції;

$a_{ИД} = 0,01 \dots 0,03 \text{ м}$  – висота мідної шини котушки індуктивності;

$[\sigma_3] = 1,6 \cdot 10^8 \text{ Н/м}$  – міцність ізоляційного матеріалу на розрив.

						КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			30

$$\sigma_{ИЗ} = \sqrt{\frac{10,0^{10}}{10^{-3} \cdot 2 \cdot 0,020} \cdot \frac{2,720^{-0,32-3,14} \cdot 3,14 \cdot (2,90 \cdot 10^6)^2 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \cdot 3,14}{4 \cdot 2700,0 \cdot 22587,70}} =$$

$$= 0,80 \cdot 10^6 \approx 1,60 \cdot 10^9$$

Значення механічних напруг, що діють на ізоляцію обмотки, знайдені для провідників, що вільно лежать на опорі. У практичних випадках обмотку слід призначати з попереднім армуванням склотканиною, що послабить механічну напругу, що діє на ізоляцію.

21. Відстань від середньої лінії висоти індуктора до середньої лінії висоти диска, м:

$$a = \frac{\delta}{2} + h_B + \frac{a_{ИД}}{2} = \frac{0,0050}{2} + 0,0010 + \frac{0,020}{2} = 0,01350 \quad (2,21)$$

22. Фактичне значення сили удару Н:

$$F_{\Phi} = \frac{\mu_0 \cdot d_{\Phi} \cdot \beta \cdot U^2 \cdot C \cdot \omega_H^2}{2 \cdot a \cdot L_{ЭИ}}, \quad (2,22)$$

де  $d_{\Phi} = \frac{D-d}{2} = \frac{0,25+0,05}{2} = 0,150m$  - середній діаметр котушки індуктивності,

$\beta = 0,030$ - Коефіцієнт зв'язку.

$$F_{\Phi} = \frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot 3,14 \cdot 0,150 \cdot 0,030 \cdot 5000^2 \cdot 200,0 \cdot 10^{-6} \cdot 38^2}{2 \cdot 0,01350 \cdot 8,80 \cdot 10^{-6}} = 17\,174,850$$

## 2.4 Технологічний процес ремонту елементів обладнання

1. Аналіз найбільш навантажених деталей та виявлення можливих пошкоджень

Поломки деталей машин можна умовно розділити на три групи: зношування, механічні пошкодження та хімічні пошкодження.

									КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						31

Зношування деталей машин залежить від таких факторів, як тиск, циклічні навантаження, стабільність та режими змащування, швидкість взаємного переміщення поверхонь тертя, температурний режим роботи деталей, а також агресивність навколишнього середовища.

Залежно від виду тертя всі деталі поділяються на п'ять груп. Розглянуті в даній роботі пари тертя належать до першої групи – контакт по циліндричній поверхні вал-шестерня. Основним фактором, що визначає довговічність цих деталей під час експлуатації, є абразивне зношування.

Під впливом динамічних навантажень на робочих поверхнях пар тертя утворюються подряпини та задирки, що призводить до прискореного зносу таких пар і є найчастішою причиною поломок.

За інтенсивністю процес зношування поділяється на три періоди:

Перший період характеризується інтенсивним зносом – це час припрацювання деталей.

Другий період відповідає нормальній роботі та є найтривалішим.

Третій період характеризується інтенсивним зростанням зношування деталей через збільшення зазорів у з'єднаннях.

Таким чином, знаючи закономірності зростання зносу деталей або збільшення зазорів у з'єднаннях, можна легко визначити гранично допустиме зношування деталей або зазори в з'єднаннях.

Поломки деталей за ймовірністю їх виникнення можна поділити на три типи: залежні, рівноймовірні та незалежні (випадкові). Залежні та рівноймовірні відмови можуть бути наслідком природного зношування, тоді як випадкові відмови – наслідком аварійних ситуацій.

Класифікація дефектів дозволяє адекватно обирати технологічні процеси відновлення окремих деталей, особливо типових. Вона також дає змогу обґрунтовувати раціональну спеціалізацію підрозділів, що займаються відновленням, розраховувати витрати праці та матеріалів, пов'язані з відновленням, і раціонально планувати виробництво.

У нашому випадку найбільшому зносу піддаються контактні поверхні двох

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

деталей, що входять до пари тертя. При цьому в одному випадку знос відбувається на внутрішній циліндричній поверхні маточини прямозубого колеса та на зовнішній циліндричній поверхні валу. Причиною зносу є знакозмінні контактні навантаження, що виникають під час взаємного переміщення поверхонь тертя.

Аналіз найбільш навантажених вузлів та деталей показав, що найчастіше ламаються ті, що зазнають інтенсивного абразивного зносу. У конструкції преса для автоматизованої вирубки такими деталями є пара тертя траверси та конічного ролика. При цьому траверса зношується по зовнішній циліндричній поверхні, а конічний ролик – по зовнішній конічній поверхні.

Відповідно, ці поверхні будуть обрані для реставрації.

## 2. Розробка технології демонтажу

Розбирання машини на складові частини

Загалом, автоматизований вирубний прес можна розділити на такі основні компоненти:

Станина

Індуктор

Поздовжня траверса

Поперечна траверса

Вирубна плита

Ударник

Ролики (поздовжні та конічні)

На станині преса встановлені поперечна та поздовжня траверси. Ролики, закріплені на притискній плиті, забезпечують переміщення магнітно-імпульсного механізму відносно поздовжньої та поперечної траверс, що призводить до різання деталей, розташованих на ріжучій плиті.

Розробка послідовності розбирання

Розбирання преса для автоматизованого різання деталей починається з відокремлення механізму від станини (поз. 1), тобто стійки, яка утримує механізм різання. Після цього необхідно відкрутити гайку (30) та зняти вісь (21). На осі закріплені конічні ролики (18), які розтискаються пружиною (32). Потім

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

знімаються траверса (2) та напрямна (16). Наступною операцією є зняття складальної одиниці установки різання.

Складання технологічної карти розбирання та підбір інструменту й обладнання. Послідовність розбирання машини наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технологічна карта розбирання преса

н/п	Зміст операції	Інструмент
1	Викрутити гайку, зняти вісь	Молоток, пробійник, зйомник, ключ гайковий
2	Зняти конічні ролики	Вручну
3	Зняти траверсу	Вручну
4	Зняти вирубну установку	Зйомник, прес гідравлічний

### 3. Ремонтні креслення деталей

Можливі пошкодження деталей, вибраних для ремонту

Оскільки обрані для ремонту деталі мають циліндричну контактну поверхню (внутрішню та зовнішню відповідно) і виконують відносний поступальний та обертальний рух, найімовірнішою причиною їхнього виходу з ладу буде абразивне зношування контактних поверхонь. Це відбувається внаслідок потрапляння абразивних частинок у зону контакту та дії осьових навантажень. Наслідком цих негативних факторів можуть бути дрібні пошкодження контактних поверхонь, такі як подряпини, раковини, задирки, а також зміна форми та діаметральних розмірів. Це призводить до збільшення допустимого зазору між деталями пари тертя.

Поздовжні та поперечні балки, а також ролики пробивного преса виготовлені з конструкційної вуглецевої сталі марки 45. Використання цих матеріалів для виготовлення деталей, призначених для реставрації, дозволяє застосовувати досить широкий спектр методів їхнього відновлення.

Отже, для відновлення діаметральних розмірів та усунення відхилень від форми траверси необхідно збільшити її діаметральні розміри до тих, які забезпечать новий внутрішній діаметр для контакту траверси з роликами та

									КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						34

усунення перекосу магнітно-імпульсного вузла. Для цього можна використовувати металізацію, наплавлення або посадку з подальшою механічною обробкою. Ці методи дозволяють досягти необхідних розмірів та чистоти поверхні.

#### Технологія маршрутизації для відновлення деталей

Для відновлення зовнішньої поверхні траверси можна скористатися одним із запропонованих нижче варіантів (рис. 2.1 ). Для відновлення нашої деталі було обрано перший варіант реставрації: діаметр деталі буде збільшено шляхом металізації. Цей метод досить простий у реалізації і, що особливо важливо в нашому випадку, не викликає структурних змін товщини матеріалу деталі.

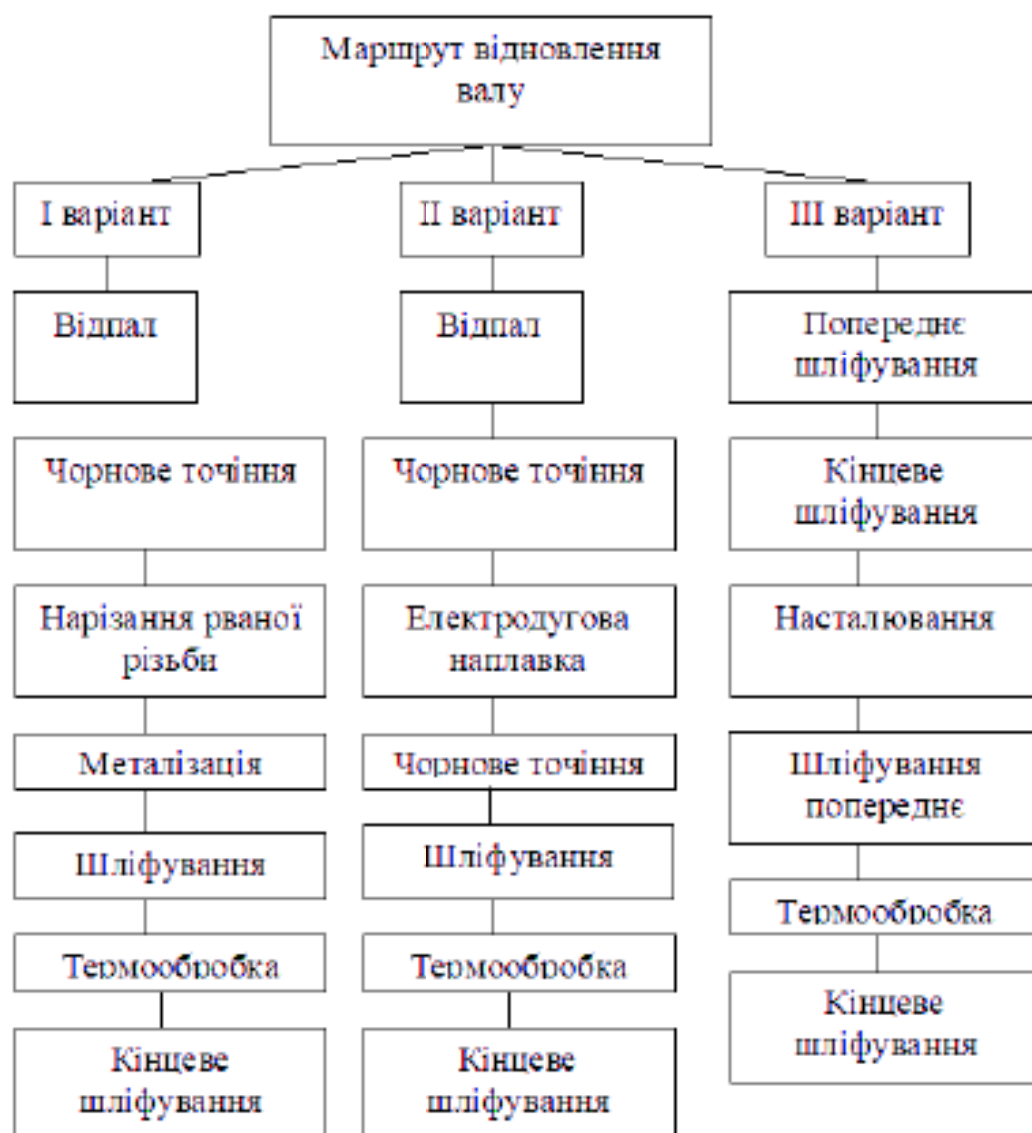


Рисунок 2.1 – Варіанти маршруту процесу відновлення валу

Цей метод відновлення полягає в розплавленні металевого дроту за допомогою металізатора та його подальшому напиленні на поверхню деталі під тиском стисненого повітря зі швидкістю 140,0-300,5 м/с. Металізація поверхні деталі як метод відновлення дозволяє наносити шар будь-якого металу товщиною від 0,050 до 10,00 мм. При цьому основний метал ремонтваної деталі не нагрівається вище 70°C, що запобігає виникненню внутрішніх напружень, які могли б призвести до короблення та структурних змін деталі. Крім того, собівартість процесу є відносно невисокою.

Як зазначалося раніше, зносостійкість напиленого шару досить висока, що пояснюється його пористою структурою та підвищеною твердістю. Щоб досягти цих якостей, процес проводять на відстані 70,0-120,0 мм між металізатором і деталлю, при тиску повітря  $4,0 \times 10,0^5$  -  $4,5 \times 10,0^5$  Па та невеликій подачі дроту. Найкращі результати отримують при використанні високовуглецевого дроту, наприклад У 101.

Вибір технологічних баз ґрунтується на основних принципах базування. При обробці в якості баз використовуються вісь траверси та один з торців. На першій операції (рис. 2.2) ці бази реалізуються шляхом встановлення вихідної заготовки в самоцентруючі призми (двонаправлена база) з упором в торці (опорна база).

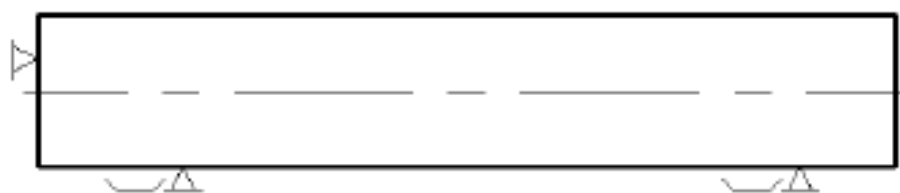


Рисунок 2.2 Вибір технологічних баз першої операції

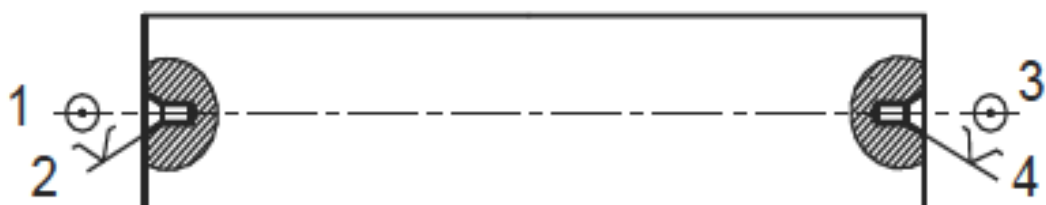


Рисунок 2.3 Вибір технологічних баз подальшої обробки деталі

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Загальна вісь двох центрових отворів, оброблених за одну операцію, є постійною базою для виконання наступних операцій (рис. 2.3) обробки заготовки.

### 5 Розрахунок режимів різання при чорновому точенні

Розрахуємо операцію токарної обробки 010 та визначимо режими різання для неї.

Глибина різу

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (2.28)$$

де  $d$  - Початковий діаметр деталі,  $d = 12,0$  мм;

$D$  - Кінцевий діаметр деталі,  $D = 10,0$  мм.

$$t = \frac{12,0 - 10,0}{2} = 1,0 \text{ мм}$$

Подання на шорсткість  $R_a = 6,3$  призначається  $S_o = 0,250$

Період стійкості різця з твердого сплаву Т 15 К6 для обробки сталі 20 Х становить:  $T = 60,0$  хв, у своїй поправочний коефіцієнт  $k_{Tv} = 1$  [ 1].

Швидкість різання

За матеріалами фрези та деталі, а також геометричними параметрами різальної частини фрези при табличному значенні швидкості різання м/хв  $V_{табл} = 100,0$  приймаються  $k_{Mv} = 1,0$  значення поправочних коефіцієнтів  $k_{nv} = 1,20$  [2].

$$V_p = V_{табл} \cdot k_{nv} \cdot k_{Mv}, \quad (2.28)$$

$$V_p = 100 \cdot 1,2 \cdot 1 = 120,0 \text{ м/хв.}$$

Швидкість обертання шпинделя верстата

$$n = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \quad (2.29)$$

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$n = \frac{1000,0 \cdot 120,0}{3,14 \cdot 10,0} = 3821,0 \text{ хв}$$

Згідно з паспортом верстата приймаємо максимально можливу частоту обертання шпинделя  $n = 1600,0 \text{ хв}^{-1}$ .

Фактична швидкість різання

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_n}{1000}, \quad (2.30)$$

$$V_{\partial} = \frac{3,14 \cdot 10,0 \cdot 1600}{1000} = 50,240$$

Потужність, необхідна для виконання процесу, визначається за таблицями, виходячи з глибини різання  $t = 1 \text{ мм}$ , межі плинності матеріалу  $\sigma_s = 800,0 \text{ МПа}$ , подачі  $S_o = 0,25$  та швидкості різання  $V_{\partial} = 50,240 \text{ м/хв}$ . Таким чином, потужність різання становить  $N_{\text{табл}} = 2,20 \text{ кВт}$ , поправочний коефіцієнт  $k_N = 1$  [2].

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{табл}} \cdot k_N, \quad (2.31)$$

$$N_{\text{різ}} = 2,20 \cdot 1,0 = 2,20 \text{ кВт.}$$

Перевірка потужності на відповідність допустимій потужності машини

Верстат 16К20 оснащений електродвигуном потужністю  $N_{\partial} = 8,0 \text{ кВт}$ , ККД приводу головного руху верстата  $\eta = 0,75$  складає. Таким чином, корисна потужність верстата становить:

$$N_x = N_{\partial} \cdot \eta, \quad (2.32)$$

$$N_x = 8 \cdot 0,750 = 6 \text{ кВт} > N_{\text{різ}} = 2,20 \text{ кВт.}$$

Таким чином, на даному верстаті можна проводити чорнову токарну обробку валу з використанням запропонованих режимів різання.

Для інших операцій режими різання розраховуються табличним шляхом і результати заносяться до таблиці 2.2.

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38



### 3 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ

Розрахунок проведемо з прикладу швейного цеху що має відходи виробництва. Початкові умови:

Місце проведення майстерні – м. Луцьк;

Сумарна потужність машин -  $N_y = 50,0$  кВт;

Кількість працівників  $n = 33$  особи;

Середня категорія фізичної праці – I а;

Площа цеху  $S_{пр} = 18 \cdot 47 \text{ м} = 846,0 \text{ м}^2$ ;

Висота цеху  $h = 5 \text{ м}^2$ ;

Азімут поздовжньої осі цеху  $\alpha = 100,0^\circ$ .

Знаходимо нормативні значення параметрів мікроклімату в теплий період для категорії робіт Ia;

оптимальна температура –  $23,0 - 25,0$  °С;

Допустима температура на постійних робочих місцях становить  $28,0$  °С.

Знаходимо об'єм кімнати:

$$V = S \cdot h = 846,0 \cdot 5,0 = 4\,230,0 \text{ м}^3.$$

Визначимо кількість теплоти, що виділяється працюючими машинами:

$$Q_{обл.}^a = 500,0 + 600,0 \text{ Н (беремо } 545,0 \text{ Н).}$$

$(500,0 \dots 600,0) \cdot 50,0 = 25\,000 \dots 30\,000 \approx 27\,250,0$  кДж/год – тепловиділення від електроустаткування.

Визначаємо тепловиділення людини:

$$Q_{л}^a = n \cdot Q_{ч}^a,$$

де  $n = 33$  прац. – Чисельність працюючих;

$Q_{ч}^a = 230$  кДж/ч – виділення видимого тепла і вологи робітниками.

$$Q_{л}^a = 230,0 \cdot 33 = 7\,590 \text{ кДж/ год.}$$

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Визначаємо кількість тепла, що отримується за рахунок сонячного випромінювання (через вікна).

$$Q_s^e = S_e \cdot g_{cp},$$

де  $S_e = 0,2 \cdot S_{np} = 0,20 \cdot 846,0 = 169,20 \text{ м}^2$ . (беремо  $S_e$  20 %з області зміщення);

$g_{cp}$  – питома притока тепла через засклені вікна;  $g_{cp} = 670,0 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{год}$ ;

$$Q_s^e = 670,0 \cdot 169,20 = 113\,364,0 \text{ кДж/год.}$$

Припустимо, що вологовиділення з обладнання становить 160,0 г на кВт встановленої потужності:

$$W_{обл} = 0,160 \cdot 50,0 = 8,0 \text{ кг/год.}$$

Втрати вологи робітниками визначаються за такою формулою:

$$W_{np} = n \cdot W_{чол},$$

де  $W_{чол} = 150,0 \text{ г/год}$  – вологовиділення однією людиною.

$$W_{np} = 0,150 \cdot 33,0 = 4,950 \text{ кг /год.}$$

Визначаємо загальне вологовиділення:

$$W_{\Sigma} = W_{обл} + W_{np} = 8,0 + 4,950 = 12,950 \text{ кг/год.}$$

Повітрообмін розраховуємо за загальним надлишковим виділенням тепла:

$$L = \frac{Q_{над}^{нов}}{\rho \cdot (i_{внут} - i_{np})},$$

де  $Q_{над}^{нов}$  - сумарний викид сумарного надлишкового тепла кДж/год, який у свою чергу знаходиться за формулою:

$$Q_{нов}^{над} = Q_{\Sigma}^l \cdot r \cdot W_{\Sigma},$$

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $Q_{\Sigma}^{\lambda}$  - сумарне тепловиділення в цеху за теплий період року:

$$Q_{\Sigma}^{\lambda} = Q_{обл}^{\lambda} + Q_{л}^{\lambda} + Q_{в}^{\lambda} = 27\,250,0 + 7\,590,0 + 113\,364,0 + 148\,204 \text{ кДж/год},$$

$r$  – прихована теплота випаровування води,  $r = 2500,0$  кДж/кг;

$\rho$  –  $1,2$  кг/м<sup>3</sup> – густина повітря;

$i_{пр}$  – ентальпія припливного повітря, кДж/кг;

$i_{вит}$  – ентальпія витяжного повітря, кДж/кг;

$$Q_{пов}^{над} = 148,0 + 204,0 + 2\,500,0 \cdot 12,95 = 180\,579,0 \text{ кДж/год}.$$

Для знаходження  $i_{пр}$  та  $i_{вит}$  скористаємося діаграмою  $i - d$ . Вирішуємо застосувати адиабатичне повітряне охолодження в камері зрошення.

На діаграмі  $i - d$  знаходимо точку "Н" ( $t = 22,90$  °С,  $i = 54,70$  параметри зовнішнього повітря м. Луцька.

З точки Н проводимо лінію охолодження з постійною ентальпією до досягнення відносної вологості повітря  $\varphi = 90,0$  %. Отримуємо точку (К), що характеризує стан повітря на виході з конденсатора. Піднявшись від точки (К) на  $1,50$  °С (повітря в повітроводах нагрівається на  $1,50$  °С), отримуємо точку (П), що характеризує стан повітря на виході з отворів припливу. З точки (П) проводимо лінію процесу зміни теплового та вологого стану повітря під впливом шкідливих речовин, присутніх у цеху. Вона відкладається на  $i-d$  діаграмі під кутом «Е», який чисельно дорівнює коефіцієнту теплового та вологого відношення:

$$E = \frac{Q_{над}^{пов}}{1000 \cdot W_{\Sigma}} = \frac{180\,579,0}{1000,0 \cdot 12,950} = 14,0.$$

Провівши лінію з точки «П» під кутом  $E = 14,0$  ° на перетині з лінією допустимих параметрів мікроклімату ( $28,0$  °С) отримуємо точку «В».

$$(t = 28,0 \text{ °С}, i_v = 64,80 \text{ кДж/кг}).$$

									Арк.
									42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ				

Таким чином, ентальпія точки (В0 ( 64,80 кДж/ кг) є ентальпією відпрацьованого повітря, отже.

Визначаємо продуктивність вентиляції:

$$L = \frac{180\,575,0}{1,20 \cdot (64,80 - 56,0)} = \frac{180\,575,0}{10,560} = 17\,099,90 \text{ м}^3/\text{год}$$

Визначимо кратність повітрообміну:

$$K = \frac{L}{V} = \frac{17099,9}{4230} = 4(\text{год}^{-1})$$

Виходячи з розрахунків та характеру шкідливих викидів, у приміщенні необхідно побудувати загальнообмінну вентиляцію продуктивністю 1000 м<sup>3</sup> 17000,9 м<sup>3</sup>/год.

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

## ВИСНОВКИ

На підставі поставленого завдання модернізовано прес для виконання технологічних операцій у легкій промисловості, а саме автоматизований комплекс для розкрою листового матеріалу. Модернізовано конструкцію преса за рахунок магнітно-імпульсної установки, яка має низьку собівартість виготовлення, а також не вимагає великих витрат на її виготовлення.

Виконання даної кваліфікаційної роботи бакалавра дозволило застосувати теоретичні знання з прикладу комплексного вирішення конкретної завдання під час проектування технологічного устаткування легкої промисловості, і навіть закріпити знання, отримані у процесі вивчення дисципліни «Розрахунок і конструювання типових машин». Робота над дипломною роботою сприяла розвитку навичок самостійного творчого підходу до вирішення виробничих завдань, набуття практичних навичок роботи з технічною та довідковою літературою, стандартами та іншими нормативними документами.

Крім того, виконання даної роботи було б неможливим без застосування знань, отриманих при вивченні багатьох спеціальних дисциплін у попередні роки, зокрема, таких предметів, як «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання», «Автоматика та автоматизація виробничих процесів», «Технологія машинобудування», «Контроль та інформаційно-вимірювальні системи».

					КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гаркавенко С. С. Проектування виробів легкої промисловості : підручник. Київ : КНУТД, 2020. 356 с.
2. Коновал В. П., Прибега Д. В. Технологічні процеси виготовлення взуття : навчальний посібник. Хмельницький : ХНУ, 2021. 284 с.
3. Поліщук О. С. Удосконалення процесів та обладнання розкрійно-вирубного виробництва : монографія. Хмельницький : ХНУ, 2019. 212 с.
4. Струтинський В. Б., Сівко В. Й. Технологія машинобудування та автоматизація виробничих процесів : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 480 с.
5. Черепашук А. А., Покрас О. С. Обробка металів тиском : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021. 148 с.
6. Ліщук В. І. Матеріалознавство та конструювання виробів зі шкіри : підручник. Київ : Світ знань, 2023. 310 с.
7. Гіржев О. А. Спеціальні методи обробки матеріалів та енергозберігаючі технології. Одеса : ОНПУ, 2020. 254 с. Бойко Г. А., Галушак М. О. Автоматизація розкрою та моделювання технологічних операцій у легкій промисловості. Львів : Магнолія 2006, 2022. 240 с.
8. Патент на корисну модель № 145281 Україна, МПК А43D 8/00. Автоматизована система керування процесом розкрою листових матеріалів / Д. В. Прибега та ін. № u202005432 ; заявл. 22.08.20 ; опубл. 25.11.20, Бюл. № 22.
9. Капелюшний Ю. П., Очеретяна Н. Д. Охорона праці в галузі легкої промисловості : навчальний посібник. Хмельницький : ХНУ, 2021. 195 с.
10. Гандзюк М. П., Желібо Є. П. Основи охорони праці : підручник. 6-те вид., переробл. і доповн. Київ : Каравела, 2023. 464 с.
11. ДСТУ EN ISO 12100:2023 Безпека машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. 94 с.

					ДР 0067.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		45

# ДОДАТКИ

					<i>КРБ 0013.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46