

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Розробка конструкції стрічкової розкрийної машини

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
Шифр, назва
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
Шифр, назва
Освітня програма «Галузеве машинобудування»

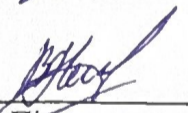
Шифр MPMA 25.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу
група МБм-24-1


Підпис

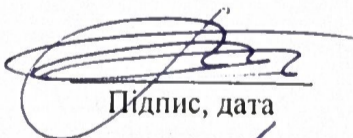
О. С. Клімко
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

В. С. Неймак
Ініціали, прізвище

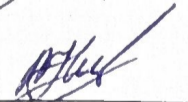
Нормоконтролер


Підпис, дата

О. Г. Тимошук
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

В. С. Неймак
Ініціали, прізвище

10 12 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень магістр

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Шифр і назва

Освітня програма Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

к.т.н., доц. Неймак В.С.

10.12.2025р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Клімко Олександр Сергійович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка конструкції стрічкової розкрійної машини
керівник роботи Неймак Віталій Станіславович, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 25 08 2025 р. № 65

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 10.12.2025

3. Вихідні дані до роботи технічні характеристики розкрійних машин

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

Вступ. 1. Огляд та аналіз технології та обладнання для розкроювання матеріалу на деталі одягу. 2. Розробка конструкції розкрійної стрічкової машини. 3. Розрахунки елементів конструкції розкрійної стрічкової машини.

Перелік джерел посилання.

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

1. Розкрійні машини (ДО, А1). 2. Розкрійна стрічкова машина (КЗ, А1).

3. Розкрійна стрічкова машина (ВЗ, 2А1). 4. Технологічний процес розкрою (ДТ, А1). 5. Приводний механізм (СК, А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

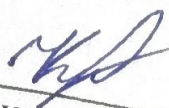
7. Дата видачі завдання _____

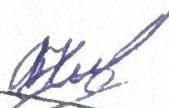
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Огляд та аналіз технології та обладнання для розкроювання матеріалу на деталі одягу	до 30.10.25р.	
2. Розробка конструкції розкрійної стрічкової машини.	до 10.11.25р.	
3. Розрахунки елементів конструкції розкрійної стрічкової машини	до 20.11.25р.	
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	до 12.12.25р.	

Студент _____

Керівник роботи _____


Підпис


Підпис

О.С. Клімко
Ініціали, прізвище

В.С. Неймак
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

1. Прізвище, ім'я та по батькові

Клімко Олександр Сергійович

2. Тема магістерської роботи Розробка конструкції стрічкової розкрійної машини

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 6 арк., сторінок записки 70

5. Розкрій матеріалів – один з початкових етапів виготовлення одягу, що вміщує деталі крою. Це відповідальний етап виробництва одягу, правильність проведення якого в значній мірі визначає якість готової продукції. Мета виконання розробки конструкції – покращення якості розкрою, і як наслідок підвищиться якість швейних виробів. Винахід відноситься до швейного виробництва, а саме до способів і пристроїв, призначених для чистового розкрою деталей одягу і може бути використано, наприклад, при індивідуальному пошиві одягу. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено огляд та аналіз технології та обладнання для розкроювання матеріалу на деталі одягу. В другому розділі розроблено конструкцію розкрійної стрічкової машини. В третьому розділі проведено розрахунки елементів розкрійної стрічкової машини.

Підпис студента

" 10 " 12 20 25 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 3 від "23" 12 20 25 р.

Оцінка проекту ЕК Відмінно 14/100

Рекомендації ЕК Впровадження у виробництво

Особливі відмітки -




Технічний секретар Лізьова Р.В.

" 23 " 12 20 25 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Огляд та аналіз технології та обладнання для розкроювання матеріалу на деталі одягу.....	7
1.1 Технологічний процес розкроювання матеріалу на деталі одягу.....	7
1.2 Огляд та аналіз конструкцій розкрійних машин.....	10
Висновки до розділу 1.....	22
2 Розробка конструкції розкрійної стрічкової машини.....	23
2.1 Розробка кінематичної схеми машини.....	23
2.2 Обґрунтування кінематичних параметрів приводу.....	26
Висновки до розділу 2.....	30
3 Розрахунки елементів конструкції розкрійної стрічкової машини.....	31
3.1 Розрахунок клинопасової передачі.....	31
3.2 Розрахунок приводного вала на згин	35
3.3 Підбір та перевірка підшипників.....	38
3.4 Розробка технології відновлення розкрійної машини	40
Висновки до розділу 3.....	66
Висновки.....	67
Перелік джерел посилання.....	68

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Клімко О.С.			Розробка конструкції стрічкової розкрійної машини	Літера	Аркш	Аркшів
Перевір.		Неймак В.С.				М	4	70
Н.контр. Затвер.		Неймак В.С.			ХНУ, гр.МБм-24-1			

ВСТУП

Виконання розкрою матеріалів є початковою стадією виготовлення швейних виробів, що охоплює відділення елементів крою. Це відповідальний етап у виробничому процесі пошиття, від коректності якого значною мірою залежить кінцева якість готової продукції.

Агрегати зі стрічковими ножовими полотнами монтуються стаціонарно і застосовуються для фінального викроювання частин одягу. Це високоефективні системи, які гарантують високу точність різання. Вони можуть функціонувати як самостійні робочі пости або входити до технологічних ліній підготовки крою, вражаючи оригінальністю та сучасністю конструктивних рішень, що забезпечує їм конкурентоспроможні експлуатаційні характеристики.

Стрічкові розкрійні верстати виготовляються у три- та чотирироликовому виконанні, що дає змогу збільшити робочу виносну відстань верстата.

У цих агрегатах можуть застосовуватися різні типи стрічок, залежно від типу матеріалів, що підлягають різанню.

У галузі пошиття використовується низка моделей стаціонарних розкрійних верстатів зі стрічковими ножами: трироликова модель РЛ-2 та чотирироликові — РЛ-3, РЛ-4 і РЛ-5. Ці пристрої призначені для вирізання елементів з частин настилу, попередньо розрізаних пересувними розкрійними апаратами. Двороликовий верстат має вузький виліт у порівнянні з трироликовим. Двороликовий розкрійний стрічковий верстат ЗЛ-ШВ-1 наразі не сходить з конвеєрів заводів, оскільки через значну вагу (1,2 тонни) він потребує облаштування спеціального фундаменту.

Розкрійні агрегати залучаються тоді, коли потрібен високоякісний фінальний розкрій матеріалу. Незважаючи на конструктивні розбіжності, зумовлені їхнім призначенням, принцип виконання розкрою залишається ідентичним у всіх цих машинах. Розкрій досягається завдяки рухові ножового полотна.

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Метою розробки нової конструкції є покращення якості різання, що, відповідно, призведе до підвищення якості пошитих виробів. Винахід належить до сфери швейної промисловості, зокрема до методів та пристроїв, призначених для чистового викроювання деталей одягу, і може бути використаний, наприклад, у процесі індивідуального пошиття.

Завдання магістерської роботи:

- аналіз технологічного процесу розкроювання матеріалу на деталі одягу;
- огляд та аналіз конструкцій розкрійних машин;
- розробка конструкції розкрійної стрічкової машини;
- розрахунки елементів конструкції розкрійної стрічкової машини.

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>6</i>

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗКРОЮВАННЯ МАТЕРІАЛУ НА ДЕТАЛІ

1.1 Технологічний процес розкроювання матеріалу на деталі одягу

Переважно, на виробництвах легкої промисловості для процесу розкроювання текстилю застосовують спеціалізовані розкрійні агрегати, оснащені ножовими робочими органами стрічкового, пластинчастого або дискового типу. Агрегати, що мають стрічкові ножі, як правило, монтуються стаціонарно і призначені для виготовлення окремих частин виробів. Натомість, верстати з пластинчастими та дисковими ножами є мобільними і слугують для поділу розкладених шарів тканини на менші секції, вирубку елементів простої форми, а також для виконання певних допоміжних технологічних завдань.

Типи механічних рухів, які реалізуються ножами у згаданих машинах, проілюстровані на схемі, наведеній у рисунку 1.1.

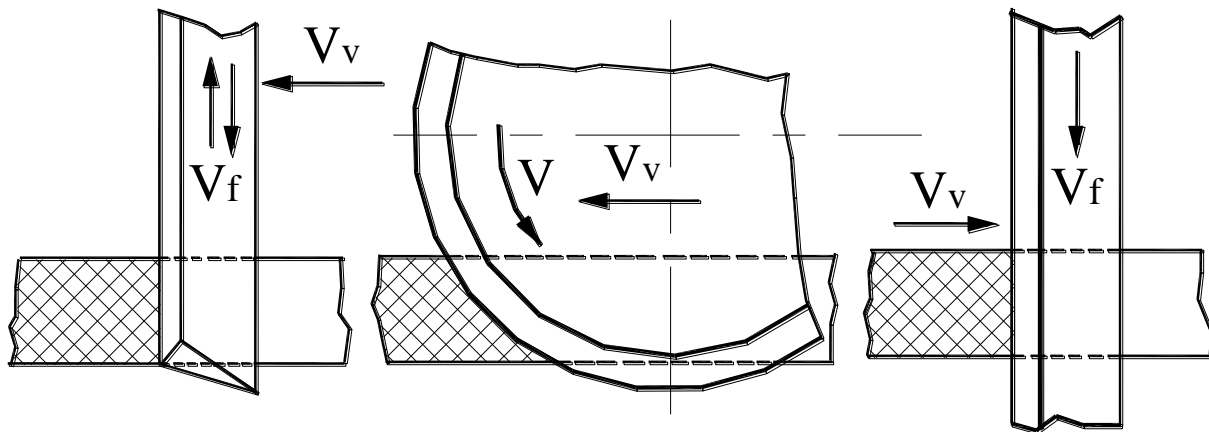


Рисунок 1.1 – Види рухів ножів: а-пластинчатий ніж, б-дисковий ніж, в-стрічковий ніж

Згідно з відомими даними, кут загострення робочої частини рухомого різачка є меншим за його кут конструктивний. Такий стан речей призводить до

зменшення сили, необхідної для різання, покращення якості поверхні зрізу та загального полегшення експлуатаційних умов верстата. Якщо подача матеріалу до різачка здійснюється зі швидкістю v_1 , а сам різак рухається зі швидкістю v_2 , то за проміжок часу точка A зміститься відносно різачка у позицію A_1 (як показано на малюнку 1.2, а). Нехай α_1 та α_2 позначають половини робочого та конструктивного кутів загострення різачка, відповідно, а також:

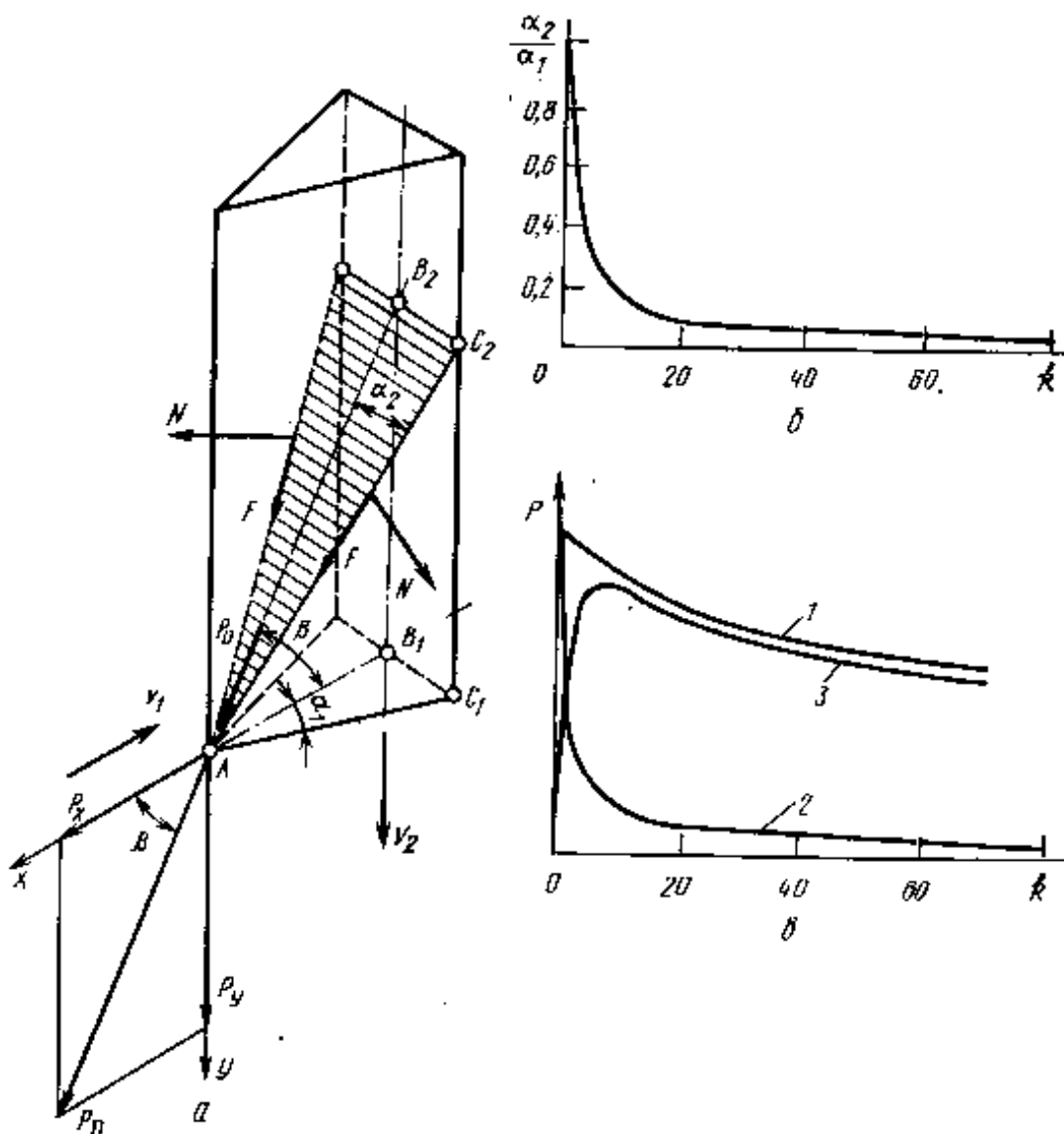


Рисунок 1.2 - Схема сил, що діють на рухомий ніж (а), залежності α_2 / α_1 від k (б) і зусиль різання P_n (1), P_x (2) і P_y (3) від k (в)

$$k = \frac{V_2}{V_1}. \quad (1.1)$$

Тоді:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_2 &= \frac{B_2 C_2}{AB_2} = \frac{B_1 C_1}{AB_1 \sqrt{1 + \left(\frac{B_1 B_2}{AB_1}\right)^2}}; \\ \frac{B_1 C_1}{AB_1} &= \operatorname{tg} \alpha_1; \\ \frac{B_1 B_2}{AB_1} &= \frac{V_2 \Delta t}{V_1 \Delta t} = \frac{V_2}{V_1} = k; \\ \operatorname{tg} \alpha_2 &= \operatorname{tg} \alpha_1 \frac{1}{\sqrt{1 + k^2}}. \end{aligned} \quad (1.1)$$

Легко встановити, що інтенсивна зміна кута α_2 спостерігається при $k < 30$ (рис.1.2, б).

Орієнтовно, вектор повної ріжучої сили, що діє на матеріал, можна вважати збіжним із вектором швидкості руху ріжучого інструменту (ножа) стосовно цього матеріалу.

Отже, сумарна сила різання

$$P_n = P_o + 2N \sin \alpha_2 + 2N\mu_1 \cos \alpha_2 \quad (1.2)$$

де P_o - опір руху вістря;

N - тиск матеріалу на ніж;

μ_1 - коефіцієнт тертя матеріалу об ніж;

$F = \mu_1 N$ - сила тертя матеріалу об ніж.

Зі збільшенням k сила P_n буде зменшуватися, так як зменшується кут α_2 , а робота, необхідна для різання матеріалу, змінюється незначно.

Складові сили різання P_x і P_y і опір руху матеріалу Q можуть бути записані:

$$P_x = P_n \cos \beta; P_y = P_n \sin \beta; Q = P_x + \mu_2(P_y + G_M), \quad (1.3)$$

де μ_2 - коефіцієнт тертя матеріалу об стіл;

G_M - маса матеріалу.

Так як $\operatorname{tg} \beta = k$, знаходимо

$$P_x = P_i \frac{1}{\sqrt{1+k^2}}; P_y = \frac{k}{\sqrt{1+k^2}} P_i, \quad (1.4)$$

$$Q = \frac{P_i}{\sqrt{1+k^2}} (1 + \mu_2 k) + \mu_2 G_M.$$

Як видно, при збільшенні k сили P_x і Q зменшуються інтенсивніше α_2 (так як зменшується сила P_n), а P_y спочатку збільшується, а потім зменшується (рис.14, в).

1.2 Огляд та аналіз конструкцій розкрійних машин

1.2.1 Машина РЛ-2

Призначення обладнання:

- для точного розкрою елементів полотна, які були попередньо розрізані на форматно-розкрійних верстатах.

Ключові робочі елементи та конструктивні частини:

- вузол руху різального полотна;

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		10

щуючись вздовж його осі. При зміщенні втулки 9 ліворуч, верхня частина важеля зі шківом 2, переміщуючись праворуч, регулює ступінь натягу стрічкового ножа 1.

Максимальне зміщення центрального колеса вздовж хорди сягає 120 міліметрів. Це забезпечує спрощення операцій зі зняття та одягання полотна пилки, а також дає змогу використовувати стрічки, довжина яких різниться до 200 мм.

З метою гарантування безпеки оператора, верстат обладнано гальмівним механізмом та електромагнітними уловлювачами стрічки. Гальмівний пристрій активує гальмування шківів, відключає електродвигун та гальмує його вал у разі розриву полотна. Уловлювачі, у свою чергу, миттєво фіксують стрічку при її обриві, запобігаючи вильоту з машини в робочу зону.

Гальмівна система складається з гальмівних накладок, які спрацьовують завдяки електромагнітам у випадку розриву полотна. Гальма закріплено індивідуально для кожного шківа. Кожне гальмо включає дві накладки (24), розміщені на осях (23), гальмівний кулачок (25), електромагніт (18) та систему тяг. При обриві, полотно контактує з шиною (19), яка ізольована від станини та перебуває під низькою напругою. Це викликає замикання кола живлення котушки електромагніта. Ядро електромагніта, через систему важелів, повертає кулачок (25). Кулачок, у свою чергу, притискає накладки (24) до гальмівного кільця, закріпленого на приводному шківом (26) апарату. Одночасно з цим, живлення електродвигуна з електромережі автоматично припиняється.

Механізм, призначений для загострювання полотна, активується за допомогою педалі (20). Натискання на цю педаль, передаючи зусилля через тяги (21) та (22) та кулачок (27), спричиняє зближення шліфувальних кругів (29) під дією пружини (28). Це зближення забезпечує притискання кругів до полотна пилки та, як наслідок, загострення його передньої кромки.

Стрічкове полотно переміщується зі швидкістю 20 метрів за секунду. Відповідно, швидкість обертання ведучого шківів становить 765 обертів за хвилину.

У ході експлуатації машини під робочою поверхнею накопичується значний обсяг тирси, що створює ризик займання. З цієї причини шліфувальні круги мають бути надійно захищені захисними кожухами. Всередині кожуха монтується азбестова прокладка, покликана для нейтралізації іскор. Крійні верстати моделі РЛ-4 укомплектовані системами для видалення пилу.

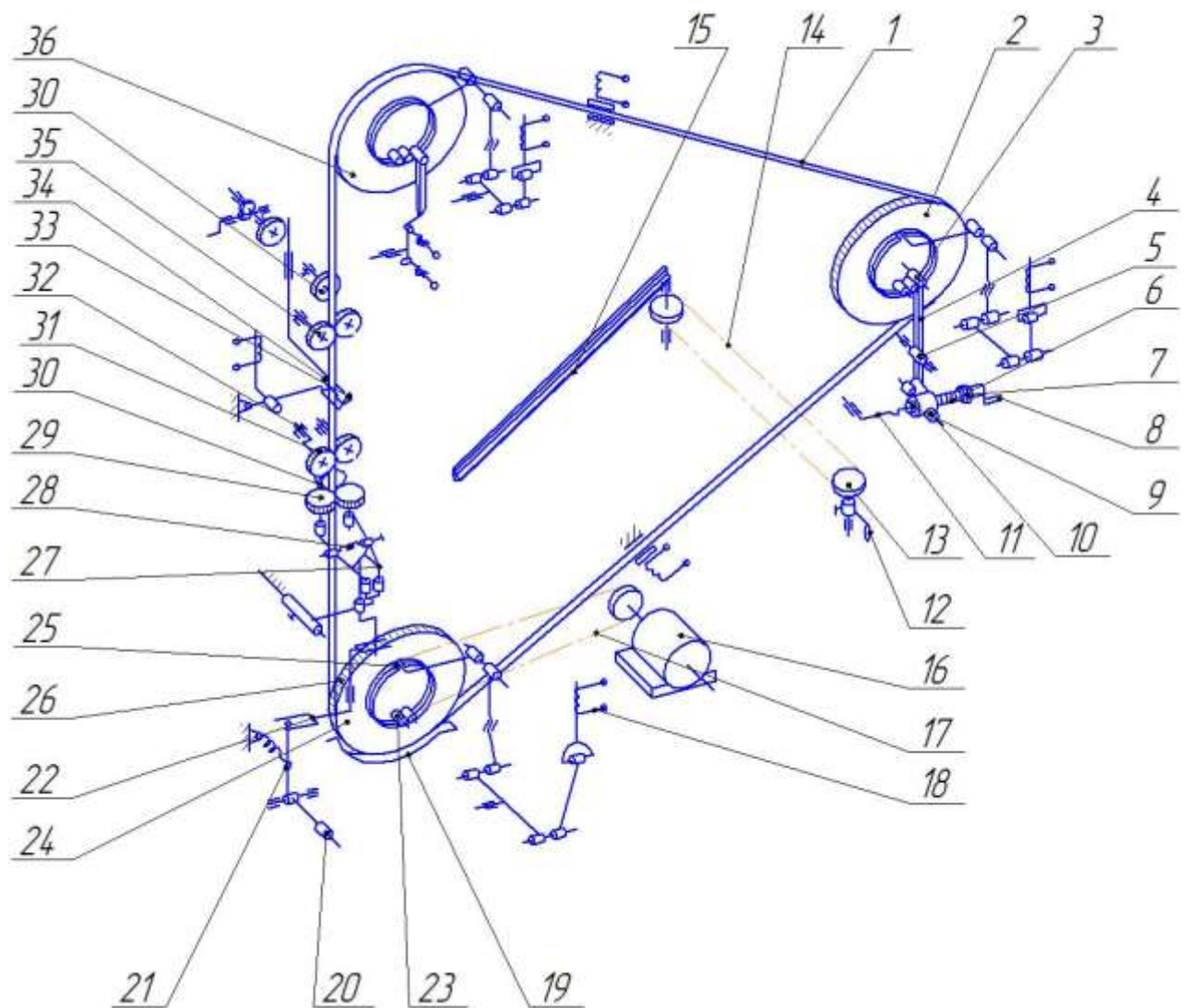


Рисунок 1.3 - Розкрийна машина РЛ-2

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк. 13
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Уся окружність коліс обтягнута жорстким шаром гуми. Це забезпечує надійну фіксацію положення стрічки на колесах під час експлуатації. Задля підтримки стрічки у вертикальній площині, з обох боків від неї розміщені спеціальні спрямовуючі ролики 31 та напрямні елементи 35. Позаду стрічки розташовані опорні ролики 30. Позиціонування роликів 31 відносно стрічкового ножа можна коригувати шляхом обертання ексцентрикового пальця 32, на якому ці ролики закріплені.

Для захисту рук оператора від порізу ножем передбачені захисні дужки (скоби) 33 та 34, які накривають стрічку вище рівня робочої поверхні. Скоба 33 має конструктивний зв'язок з електромагнітом. У разі розриву стрічки відбувається замикання електричного кола електромагніту, і скоба 33 за допомогою свого виступу виводить стрічковий ніж із робочої зони.

Щоб відводити зрізані клапти тканини у спеціально відведений контейнер, на поверхні стола верстата встановлено щітку 15. Її приводить у дію обертання рукоятки 12 через трос 14 та систему блоків 13.

Високошвидкісна гостра стрічка створює значний ризик для персоналу, тому всі рухомі компоненти верстата та сам стрічковий ніж обладнані захисними кожухами. Для проведення налагоджувальних робіт та заміни ріжучого полотна передбачена наявність відкривних захисних панелей.

1.2.2 Чотирьохшківна машина РЛ-3

Орловський машинобудівний завод імені Медведєва виробляє стаціонарну чотирибарабанну стрічкову пилу моделі РЛ-3, доступну у двох виконаннях: з варіатором, що дає змогу змінювати швидкість руху стрічкового полотна, та без нього (з фіксованою швидкістю полотна), як показано на рис. 1.4. Конструкція цієї машини була розроблена Всесоюзним науково-дослідним інститутом легкого машинобудування (ВНДІлегмаш). Призначення машини — фінальне розкроювання елементів для швейних виробів, виготовлених із тканин та трикотажу, незалежно від типу волокон, включно із синтетичними.

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Колесо (маховик) 6 є жорстко приєднаним до кінця гвинта 9, який, своєю чергою, вкручений у гайку 14. Спіральна пружина 15 надіта на гвинт 9. Зміну (збільшення чи зменшення) ступеня натягу ножа забезпечує обертання маховика 6, яке відбувається через гвинт 9, гайку 14 та пружину 15. Величина сили натягу ножа обумовлюється тим, наскільки деформована пружина 15, і це значення відображається на шкалі 21 за допомогою стрілки, яка нерухомо зчеплена з гайкою 14. Механізм, що регулює натяг, обладнаний специфічним пристроєм, який дає змогу знизити зусилля натягу ножа до 17 кг у неробочому стані машини, що суттєво продовжує термін служби ножа. Для реалізації цього на осі гвинта 9 розташовані два торцеві циліндричні кулачки 11, призначені для позовжнього переміщення. Нижній кулачок закріплений нерухомо на кронштейні 10, тоді як верхній, що має плоску ділянку (лиску) 37 на бічній поверхні, з'єднаний із руків'ям 8 через втулку. Шайба 12, зафіксована нерухомо разом із гвинтом 9, має на своїй бічній поверхні паз 40.

Коли руків'я 8 повертають у бік робочого положення (позиція I), лиска 37 верхнього кулачка 11 опиняється перед пружним фіксатором 39. У цьому випадку ступінь стискання пружини 15 зменшується, сила натягу стрічкового ножа 22 спадає, а зуб фіксатора 39, потрапивши в паз шайби 12, блокує можливість обертання маховика 6 для натягу ножа. Циліндрична частина бокової поверхні кулачка 11 контактує з кнопкою мікророзмикача 38, розриваючи ланцюг управління електродвигуна.

Обертанням руків'я у напрямку від робочого положення (позиція II) мікророзмикач 38 відновлює електричний зв'язок у ланцюзі керування електродвигуна. При цьому зуб фіксатора 39 виходить із паза 40 шайби 12, усуваючи перешкоду для зміни ступеня натягу стрічкового ножа.

На випадок розриву полотна передбачено механізм для його вловлювання. З цією метою до кронштейна 19 від обода шківа 17 приєднано спеціальну накладку для захоплення полотна. Кронштейн здатний зміщуватися у вертика-

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

льній площині вздовж направляючої стійки завдяки обертанню маховика 7 разом із гвинтом 20. Проміжок між обідком шківів 17 та цією накладкою не повинен перевищувати 2-3 мм. До нижньої частини кронштейна 19 прикріплено електричний вимикач (мікроперемикач) 18.

У разі обриву стрічкового різачка 22, шківів 17 разом із кареткою 16 стрічка підіймається вгору під дією пружини 15 і впирається у захватну накладку, чим забезпечується притискання полотна між накладкою та ободом шківів 17. Одночасно з цим виступ накладки тисне на кнопку мікроперемикача 18, розриваючи електричне коло живлення двигуна. Для забезпечення стабільного положення стрічкового різачка 22 під час процесу різання настилу у зоні розрізу, на робочій гілці різачка встановлено блок напрямних роликів.

Цей блок містить два бокові напрямні 3 та два упорні ролики 4 та 2. Направні ролики 3 закріплені на валу 5 та знаходяться над робочим столом. Ролики вільно обертаються навколо власних осей. Зазори між бічними поверхнями різачка та роликами не мають перевищувати 1,5 мм, що досягається необхідним налаштуванням положення роликів щодо різачка. Для проходження різачка крізь стіл у конструкції верстату інтегровано змінні сталеві пластини, зміцнені твердим сплавом ВК6.

Для заточування полотна різачка передбачено спеціальний механізм. Він монтується з боку корпусу машини на неробочій частині різачка. Заточка полотна відбувається під час роботи верстату завдяки двом шліфувальним дискам 27 та 26, які вільно обертаються на своїх осях. Абразивні диски розташовані під визначеними кутами до передньої кромки різачка, щоб забезпечити рівномірну заточку під кутом 18-20 градусів.

Управління механізмом загострення здійснюється за допомогою важеля 41, який з'єднаний тросом 42. Каретка 24 цього механізму постійно притискається пружиною 25 до леза, а важіль 41, знаходячись у зафіксованому положенні, утримує каретку у відведеному стані.

					MPMA 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		17

Коли необхідно здійснити заточування ножа, важіль 41 переміщують у лівий бік. Це звільняє трос, завдяки чому каретка, під впливом пружного елемента 25, наближає шліфувальні кільця до рухомого леза. Аби запобігти порізам рук оператора, у верстаті передбачено захисний кожух, що складається з двох частин – нижньої та верхньої. Цей кожух має вигляд розкритого жолоба коробчастої форми й охоплює контур ножа. Жолоб виготовляють з алюмінієвого кутового профілю.

Робоча частина ножа розміщена в трубі, яка має поздовжній виріз для введення леза. На нижній частині шпинделя закріплено захисну планку з прозорим екраном із плексигласу, яка слугує для захисту пальців від порізів. Обертанням маховика 13 регулюється висота шпинделя 5 (який також має прозорий захист) відповідно до товщини розкрійного матеріалу.

Для розкрою матеріалів, що містять синтетичні волокна, верстат обладнано системою змащення ножа. На кронштейні 10 (у тильній частині шківів 17) закріплено ємність для мастила. Змащувальна речовина з резервуару подається по трубці з ПВХ через кран, розташований позаду захисної планки, на фетрову накладку, що контактує з лезом. Це запобігає перегріванню ножа та оплавленню країв розрізу тканини. Як змащувальний розчин рекомендується суміш гасу та індустріального мастила 20 у пропорції 2 до 3.

Рушійна бабка 29 одержує обертання від електромотора 46 через пристрій змінюваної швидкості, що передається клиновим ременем. Цей варіатор складається із двох конусних шківів, 32 та 31, які стискаються пружиною 48, розташованою по центральному стрижню 47, широкого клинового ремня 30 та жолобчастого циліндричного шківів 51.

Показник швидкості руху стрічкового ножа регулюється за допомогою маховика 33, який діє через черв'ячне колесо 34, гвинт 35 та тягу 36, шляхом зміни відстані між осями – рухомою віссю вала електромотора та нерухомою віссю ведучого шківів 29. З цією метою електромотор 46 разом із варіатором

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		18

монтуються на платформі, яка здатна обертатися навколо осі 45. Коли платформа 44 обертається навколо осі 45 у напрямку вліво від нерухомої осі ведучого шківів, конічні шківів варіатора, 32 і 31, під впливом клинового ременя 30 розходяться. У цей момент пружина 48 стискається, радіуси шківів варіатора зменшуються, відповідно знижується частота обертання ведучого шківів 29 та швидкість переміщення стрічкового ножа. Зведення конусних шківів відбудеться завдяки стиснутій пружині. Швидкість руху ножа можна зчитати зі шкали тахометра 43, який механічно пов'язаний із ведучим шківом стрічки 29 за допомогою гнучкого вала 28.

На маточині шківів 51 змонтовано гальмівний барабан 49, який охоплюється електромагнітним колодковим гальмом.

Під час роботи обладнання електромагніт 50 гальма, підключений паралельно до електромотора, утримує гальмівні колодки у розімкненому стані. Коли електромотор 46 вимикається, електромагніт гальма деактивується, і колодки під дією пружин притискаються до гальмівного барабана. Це викликає сповільнення ведучого шківів стрічкового ножа.

Чистове викроювання елементів швейних виробів з матеріалів, що мають високий опір різанню – як-от плащові, гумові, брезентові, азбестові тканини, а також із сильно ущільненого пальтового, костюмного та суконного асортименту, виконується на машинах моделі РЛ-4.

Для виготовлення дрібних компонентів одягу для дітей, головних уборів та інших виробів з будь-яких типів волокон (включно із синтетичними), складених у стоси, а також для точного доопрацювання деталей швейних виробів застосовуються машини РЛ-5.

1.2.3 Чотирьохшківна машина РЛ-3Б

Р Розглянемо, як побудована і як функціонує звичайна стрічкова розкрійна машина.

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Деталі, призначені для розкрою, розміщують на робочій поверхні 1, і оператор, керуючись нанесеними лініями, рухає їх до рухомого стрічкового полотна 2, формуючи стоси елементів необхідної форми.

Ключові складові частини апарату (див. Рис. 1.5) включають: раму (основу); рушійну систему; механізми для натягу, утримання стрічки, фіксації та спрямування полотна; захисний кожух для леза; систему подачі мастила для ножа; пристрій для заточування ріжучого елемента; вузол напрямних роликів та робочий стіл.

Основа (рама) машини утворена двома вертикальними опорами 35, з'єднаними знизу поперечною планкою, верхнім елементом коробчастої форми 38 та похилою частиною 36.

Рух апарату (Рис. 1.5) забезпечується електродвигуном 28, потужність якого передається через один із чотирьох спрямовуючих роликів для стрічки. На ободах роликів 19, 20, 24, 32, які мають гумове покриття, натягнуто ріжуче полотно 2. Конусний варіатор 27 передає обертання спрямовуючому шківом 24, до якого прикріплений гальмівний барабан, що охоплюється електромагнітним крановим гальмом колодкового типу 26. У процесі експлуатації машини на електромагніт гальма подається струм, що утримує його колодки в розтиснутому стані.

					MPMA 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

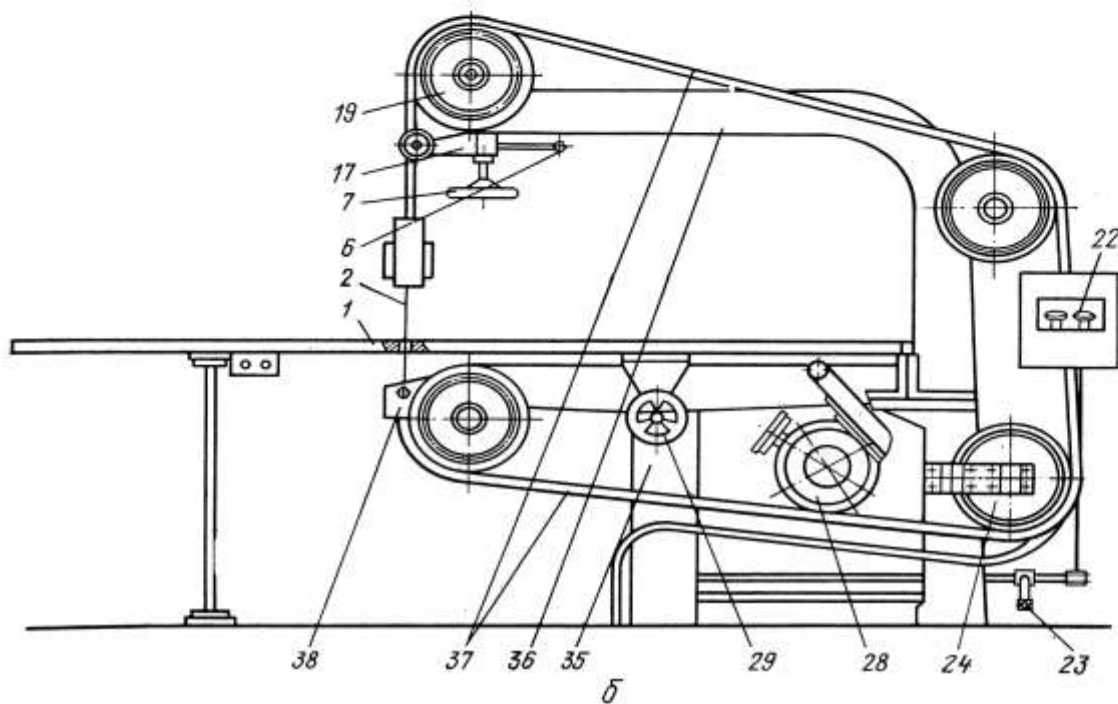
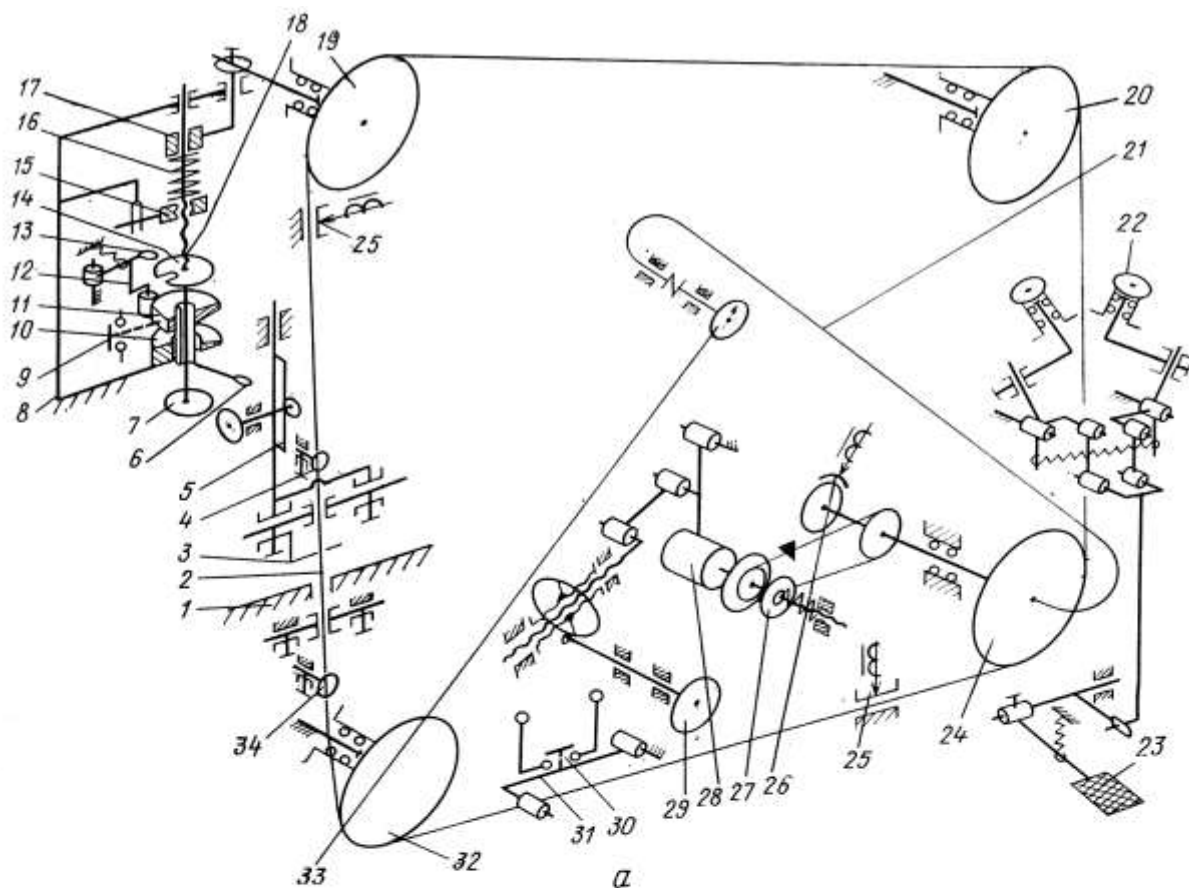


Рисунок 1.5 – Схеми машини РЛ-3Б

Швидкість подачі полотна ріжучого механізму регулюється обертанням гвинта 29, а контроль цього значення здійснюється нерухомим тахометром 33,

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
21

який механічно з'єднаний із приводом натяжного шківа стрічки 24 за допомогою гнучкого валу 21.

Пристрої для натягу та захоплення полотна виконані на верхньому шкі-ві напрямку стрічки 19, закріпленому на каретці 17, що переміщується по направляючих типу "ластівчин хвіст". Зусилля натягу полотна створюється від маховичка 7, яке передається через різьбову пару (гвинт і гайка 15) і тарувальну пружину 16. Пристрій для захоплення полотна вміщує верхній та нижній електромагніти 25 для утримання стрічки та контактний вимикач 30. Коли обладнання працює, полотно натягнуте, і важіль 31 з роликів елементом утримується стрічкою так, що контакти мікровимикача розімкнені. У разі обриву полотна контакти мікровимикача замикаються, активуючи електромагніти 25.

Фіксаторний механізм, який дає змогу знизити ступінь натягу полотна на 160-200 Н у неактивному стані машини, суттєво подовжує термін служби ріжучого полотна. Рукоятка 6, розташована на осі гвинта 18, через втулку з'єднана з верхнім торцевим кулачком 11. Нижній торцевий кулачок 10 жорстко закріплений на кронштейні 8. Шайба 14, нерухомо сполучена з гвинтом 18, має паз збоку, в який може зафіксуватися зуб 13 елемента, що підпружинений. Коли рукоятка 6 встановлена в положення, що відповідає включенню фіксації, плоска частина верхнього кулачка 11 знаходиться перед фіксатором 12, не перешкоджаючи зачепленню його зуба 13 з пазом шайби 14; штифт мікровимикача 9 контактує з циліндричною поверхнею кулачка, розриваючи електричне коло керування двигуном. Механізм фіксації увімкнений, і зуб 13 запобігає регулюванню натягу полотна маховичком 7.

Коли руків'я 6 знаходиться у положенні, що відповідає деактивації фіксатора, полотно є натягнутим, мікроперемикач 9 замикає ланцюг живлення двигуна, а виступ 13 фіксатора унеможлиблює зміну ступеня натягу полотна маховичком 7, отже, апарат готовий до використання.

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		22

Напрямні елементи забезпечують стабільне положення полотна під час його функціонування у зоні різання. На ріжучій частині полотна, вище столу 1, на направляючій шині 5 розміщений верхній упор, до складу якого входить планка з двома закріпленими коригувальними пластинами та торцевий ролик 4. Плоский упор, змонтований у точці проходження полотна через стіл, складається з корпусу та двох регульованих змінних пластин зі сталі, армованих твердим сплавом ВК-6, подібно до пластин верхнього упору. Торцевий ролик 34 закріплений на тязі 38.

Покриття полотна складається з двох секцій: нижньої та верхньої, які являють собою металеві профільовані жолоби. Шківки, що спрямовують стрічку, спереду захищені дисками. Ріжуча частина полотна над зоною розкрою закрита рухомим захисним кожухом, що монтується на планці верхнього упору. На нижньому кінці шини 5 розташована запобіжна скоба 3 та прозорий щиток з органічного скла, призначені для захисту пальців від порізів.

У кронштейні інтегровано резервуар, з якого тракт із сальниками подає змащувальний склад на бічну поверхню полотна: полісилоксанову рідину – силіконову олію.

Заточування полотна відбувається за допомогою двох шліфувальних кругів 22, які змонтовані (з можливістю коригування) під кутом до його ріжучої кромки. Керування механізмом заточування здійснюється через тягу за допомогою педалі 23, розташованої на передній опорі.

Рекомендується виготовляти полотна для стрічкових розкрійних машин із холоднокатаної термообробленої пружинної стрічки (марок У8А, 60С2А, 70С2ХА) товщиною 0,35 – 0,5 мм та шириною 10 – 25 мм.

Для видалення пилу та клаптиків тканини, що утворюються під час роботи, апарат обладнано системою аспірації (РЛ-4).

На швейних підприємствах експлуатуються машини вітчизняного виробництва РЛ-3Б, РЛ-4, РЛ-5, РЛ-6, а також зразки від закордонних компаній Kuris-Wastema (Німеччина), Bullmer (Німеччина), Autex (Іспанія) та інших.

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		23

За результатами огляду та аналізу конструкцій розкрійних апаратів виявлено недоліки:

- Здатність розкрюювати деталі лише з окремих шарів настилу;
- Підвищений рівень робочого шуму;
- Наявність ризиків для безпеки праці.

Висновки до розділу 1

В результаті проведеного огляду встановлено, що існуючі аналоги мають конструктивні недоліки, а саме мають недосконалу систему захисту, конструкцію механізму загострення стрічки тощо. Тому пропонується розробити принципово нову конструкцію розкрійної стрічкової машини.

					<i>MPMA 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		24

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІ РОЗКРІЙНОЇ СТРІЧКОВОЇ МАШИНИ

2.1 Розробка кінематичної схеми машини

Стационарна стрічкова розкрійна машина призначена для фінішного викроювання елементів із настилу, який був попередньо розрізаний пересувними розкрійними апаратами.

Розглянемо будову та принцип функціонування розкрійної стрічкової машини.

Частини крою розміщують на столі, а робітниця, керуючись розміткою, подає їх на рухоме стрічкове лезо (ніж) 4, формуючи стоси деталей потрібної конфігурації.

Приведення машини в дію здійснюється від електричного двигуна 1 за допомогою одного з трьох шківів, що спрямовують стрічку. На шківях 3, 20 та 28, які мають гумове покриття по периметру, натягнуто стрічкове лезо 4. Клиновий пас 2 передає обертання на шків, що спрямовує стрічку, — шків 3.

Пристрої для натягу та уловлювання стрічки розташовані на боковому шківях, що спрямовують стрічку, а саме — на шківях 28 та 3. Шків 3 змонтовано на рухомій каретці 22, що переміщується у напрямних 21. Сила натягу леза створюється маховичком 26 через гвинт 24 та гайки 23.

Пристрій для уловлювання стрічки містить верхній та нижній електромагнітні пристрої для уловлювання 5 та 19, а також вимикач зі світлодіодом. У разі обриву стрічкового леза, вимикач подає сигнал на модуль, який активує електромагнітні уловлювачі 5 та 19.

Аретуючий механізм, що дає змогу знижувати ступінь натягу стрічки на 160-200 Н, коли машина не працює, суттєво продовжує термін служби леза.

Напрявні елементи забезпечують стабільне розташування леза у зоні різання під час роботи. На робочій ділянці леза, розташованій під столом на станині, знаходиться нижній напрямний елемент. Він складається з планки, до якої кріпляться дві пластини, та торцевого ролика.

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		25

Плоска напрямна деталь, розміщена там, де лезо проходить крізь механізм заточування, складається з корпусу та пари змінних пластин зі сталі, посилені твердим сплавом ВК-6.

Обшивка леза має дві секції: нижню та верхню, які виконані у вигляді металевих жолобів круглої форми у перерізі.

Ролики, що спрямовують стрічку, прикриваються захисними кожухами. Верхня частина полотна леза у зоні різання захищена запобіжним елементом у формі дужки.

Процес гостріння леза виконується за допомогою двох шліфувальних кіл діаметром 18, встановлених (з можливістю коригування положення) під певним кутом до ріжучого краю. Керування механізмом заточування здійснюється за допомогою важеля 6, розташованого на передній опорі верстата.

Рекомендовано виготовляти полотна стрічкових пил із стрічки пружинної, виготовленої холодною прокаткою та підданої термічній обробці (марок сталі У8А, 60С2А, 70С2ХА) з товщиною від 0,35 до 0,5 мм та шириною 10 – 25 мм.

Для ефективного видалення пилу, що накопичується під час експлуатації, верстат забезпечено системою пилосмоктування.

2.2 Обґрунтування кінематичних параметрів приводу

Спроекувати привід до розкрійної стрічкової машини по схемі при умові, що:

$P_g = 0,2$ кВт – вихідна потужність,

$n_g = 1276,6$ хв⁻¹ - швидкість шківа,

2.2.1 Визначення загального ККД:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2, \quad (2.1)$$

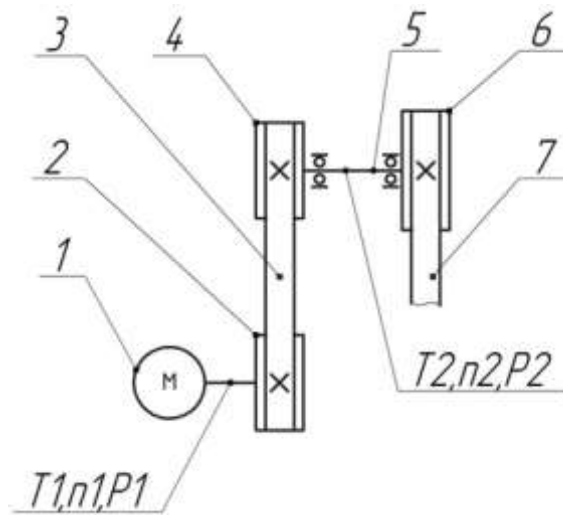
						МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			27

η_1 - ККД клино-пасової передачі,

η_2 - ККД пари підшипників кочення.

Згідно [9, с.122, табл.6.3] вибираємо $\eta_1 = 0,95$, $\eta_2 = 0,99$.

$$\eta_{заг} = 0,95 \cdot 0,99 = 0,941.$$



1 – електродвигун, 2 – шків двигуна, 3 – клиновидний пас, 4 – шків, 5 –
приводний вал, 6 – шків, 7 – ніж-стрічка

Рисунок 2.2 – Кінематична схема приводу

2.2.2 Визначення потрібної потужності та вибір електродвигуна:

$$P_{номр} = \frac{P_{г}}{\eta_{заг}}, \quad (2.2)$$

$$P_{номр} = \frac{0.2}{0.941} = 0.21 \text{ кВт}.$$

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		28

За умови $P_{\partial} \geq P_{номр}$ згідно [10, с.70, табл. 5.1] вибираємо електродвигун серії 4AA56B2У3 з наступними параметрами $P_{\partial} = 0,25 \text{ хв}^{-1}$, з синхронною частотою обертання $n_c = 3000 \text{ хв}^{-1}$ і коефіцієнтом проковзування $S = 4,1\%$.

Число обертів ротора двигуна:

$$n_{\partial} = n_c \cdot (1 - S), \quad (2.3)$$

$$n_{\partial} = 3000 \cdot (1 - 0,041) = 2877 \text{ хв}^{-1}.$$

2.2.3 Визначення загального передаточного числа:

$$U_{заг} = \frac{n_{\partial}}{n_g}, \quad (2.4)$$

$$U_{заг} = \frac{2877}{1276,6} = 2,254.$$

2.2.4 Види числа обертів валів:

$$n_1 = n_{\partial} = 2877 \text{ хв}^{-1}, \quad (2.5)$$

$$n_2 = \frac{n_1}{U_{заг}}, \quad (2.6)$$

$$n_2 = \frac{2877}{2,254} = 1276,4 \text{ хв}^{-1},$$

Похибка:

$$\frac{n_g - n_2}{n_g} \cdot 100\% = \frac{1276,6 - 1276,4}{1276,6} = 0,02\%.$$

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		29

3.2.5 Визначення потужності на валах:

$$P_1 = P_0 = 0,250 \text{ кВт},$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,250 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 0,235 \text{ кВт}.$$

2.2.6 Визначення кутової швидкості валів:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30}, \quad (2.7)$$

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 2877}{30} = 301,126 \text{ с}^{-1},$$

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30}, \quad (2.8)$$

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 1276,4}{30} = 133,6 \text{ с}^{-1},$$

2.2.7 Визначення крутного моменту на валах:

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{P_{номп}}{\omega_1}, \quad (2.9)$$

$$T_1 = \frac{0,25 \cdot 10^3}{301,126} = 0,83 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{P_1 \cdot \eta_1}{\omega_2}, \quad (2.10)$$

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		30

$$T_2 = \frac{0,25 \cdot 10^3 \cdot 0,95}{133,6} = 1,78 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Перевірка:

$$T_1 = \frac{T_2}{U_{заг} \cdot \eta_{заг}}, \quad (2.11)$$

$$T_1 = \frac{1,78}{2,254 \cdot 0,941} = 0,83 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Висновки до розділу 2

Змінено варіаторний механізм, що використовується в якості коробки швидкостей, на частотний привод. Застосування частотного привода забезпечує більш плавне та точне регулювання швидкості стрічки.

Також з метою розширення технологічних можливостей запропоновано безконтактний пристрій для забезпечення неушкодженості оператора.

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		31

3. РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ РОЗКРІЙНОЇ СТРІЧКОВОЇ МАШИНИ

3.1 Розрахунок клинопасової передачі

Вихідні дані

$$\omega_1 = 301,126 \text{ об/хв};$$

$$\omega_2 = 133,6$$

$$T_1 = 83 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Послідовність обчислень.

Базуючись на даних із [11, таблиця 10.15, сторінка 249] та [11, таблиця 10.16, сторінка 251], було обрано ремінь з профілем поперечного перерізу “Б” та діаметр ведучого шківів, що дорівнює мм.

Коефіцієнт передачі:

$$U = \frac{\omega_1}{\omega_2}, \quad (3.1)$$

$$U = \frac{301,126}{133,6} = 2,254,$$

Діаметр веденого шківів:

$$d_2^p = U \cdot d_1^{cm} (1 - \xi), \quad (3.2)$$

де $\xi = 0,01$ [11, с.239]

Прийнято $z_1 = 21$ шт [12, табл.2.4, с.18] – коефіцієнт ковзання паса по шківу.

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$d_2^p = 2,254 \cdot 63(1 - 0,01) = 140,58 \text{ мм}$$

Прийнято найближче менше стандартне значення $d_2^p = 140 \text{ мм}$. [11, табл.2.2, с.17]

Відхилення передаточного числа:

$$\Delta u = \frac{u_3 - u_\delta}{u_3} \cdot 100\% \leq [\Delta u], \quad (3.3)$$

$$u_\delta = \frac{d_2^{cm}}{d_1^{cm} (1 - \xi)} = \frac{140}{63(1 - 0,01)} = 2,245 \text{ мм} \quad (3.4)$$

$$\Delta u = \frac{2,2536 - 2,245}{2,253642488} = 0,382\% \leq [\Delta u] = 3\%$$

Колова швидкість ведучого шківа:

$$V_t = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60000} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 2877}{60000} = 9,486 \text{ м/с} \quad (3.5)$$

$$V_{t,\max} = (15..30) \text{ м/с} > V_t > V_{\min} = 5 \text{ м/с}$$

Визначення міжосьової відстані:

$$a_\omega = (0,8..2) \cdot (d_1^{cm} + d_2^{cm}) = (0,8..2) \cdot (63 + 140) = 162,40..406,00 \text{ мм} \quad (3.6)$$

Прийнято $a_\omega = 275 \text{ мм}$.

Визначення довжини паса:

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$L = 2 \cdot a_{\omega} + 0,5\pi(d_1 + d_2) + \frac{(d_1 + d_2)}{4 \cdot a_{\omega}}, \quad (3.7)$$

$$L = 2 \cdot 275 + 0,5 \cdot 3,14(63 + 140) + \frac{(140 - 63)^2}{4 \cdot 275} = 874,1 \text{ мм.}$$

Прийнято $L = 900 \text{ мм}$ [3, табл.10.12, с.247].

Уточнення міжосьової відстані:

$$\dot{a} = 1/8[(2L - \pi(D_2 + D_1)) + \sqrt{[2L - \pi(D_2 + D_1)]^2 - 8(D_2 + D_1)^2}], \quad (3.8)$$

$$a = 1/8[(2 \cdot 900 - 3,14(140 + 63)) + \sqrt{[2 \cdot 900 - 3,14(140 + 63)]^2 - 8(140 - 63)^2} = 285,322 \text{ і і .}$$

Кут охоплення пасом шківів ведучого

$$\alpha_1 = 180 - 57 \frac{d_2 - d_1}{a_{\omega}} = 180 - 57 \cdot \frac{140 - 63}{288,07} = 164,764 > 150, \quad (3.9)$$

Частота пробігів пасу

$$z_n = \frac{V_1}{L} \prec [z_n] = 10c^{-1} \quad (3.10)$$

$$z_n = \frac{9,486}{1} = 9,486c^{-1} \prec [z_n] = 10c^{-1}$$

Розрахунок по здатності тяговій

$$[\sigma_t]_n = [\sigma_0]_n \cdot C_0 \cdot C_{\alpha} \cdot C_p \cdot C_v \quad (3.11)$$

					MPMA 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		34

де $[\sigma_0]_n = 1,35$ [11, табл.10.14, с. 249] МПа – допустиме значення початкового напруження в пасі при $[\sigma_0]=1,2$ МПа;

$C_0=1$ [11, табл.10.7, с. 240] – коефіцієнт кута нахилу;

$C_\alpha = 0,91$ [11, табл.10.8, с. 240] – коефіцієнт кута обхвату;

$C_p = 1$ [11, табл.10.10, с. 241] – коефіцієнт режиму роботи;

$C_v = 1,01$ [11, табл.2.8, с. 21] – швидкісний коефіцієнт.

$$[\sigma_t]_n = 1,35 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 1,01 \cdot 1 = 1,2408 \text{ МПа.}$$

Колове зусилля

$$F_t = \frac{2 \cdot T_2}{d \cdot p_1} = \frac{2 \cdot 830}{63} = 26,345 \text{ Н} \quad (3.12)$$

Необхідна кількість пасів

$$z = \frac{26,345 \cdot 1,241}{47} = 0,695 < [z] = 1 \quad (3.13)$$

Прийнято $z = 1$.

Сила тиску на вали

$$F_g = 2 \cdot \sigma_0 \cdot z \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (3.14)$$

$$F_g = 2 \cdot 1,2 \cdot 47 \cdot 0,9715 \cdot 1 = 109,580 \text{ Н}$$

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		35

3.2 Розрахунок приводного вала на згин

3.2.1 Реакції в опорах:

а) горизонтальна площина:

$$\Sigma M_{(x)}^{Ax} = 0,$$

$$-F_e \cdot l_1 - R_{Bx} \cdot l_2 - F_g \cdot (l_2 + l_3) = 0,$$

$$R_{Bx} = \frac{F_e \cdot l_1 + F_g \cdot (l_2 + l_3)}{l_2},$$

$$R_{Bx} = \frac{0,3 \cdot 71,5 - 23 \cdot (151 + 57,5)}{151} = -31,9H,$$

$$\Sigma M_{(x)}^{Bx} = 0,$$

$$-F_e \cdot (l_1 + l_2) + R_{Ax} \cdot l_2 - F_g \cdot l_3 = 0,$$

$$R_{Ax} = \frac{F_e \cdot (l_1 + l_2) + F_g \cdot l_3}{l_2},$$

$$R_{Ax} = \frac{0,3 \cdot (71,5 + 151) - 23 \cdot 57,5}{151} = 9,2H,$$

Перевірка:

$$-F_e - R_{Ax} + R_{Bx} - F_g = 0,$$

$$0,3 - 9,2 + 31,9 - 23 = 0.$$

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		36

$$\Sigma M_{(y)}^{Ay} = 0,$$

$$-R_{By} \cdot l_2 = 0,$$

$$\Sigma M_{(y)}^{By} = 0,$$

$$R_{Ay} \cdot l_2 = 0,$$

3.2.2 Згинальні моменти:

а) горизонтальна площина:

$$M_{(x)}^{Cx} = F_e = 0 \text{ H} \cdot \text{мм},$$

$$M_{(x)}^{Ax} = F_e \cdot l_1 = 0,3 \cdot 71,5 = 21,45 \text{ H} \cdot \text{мм},$$

$$M_{(x)}^{Bx} = F_e \cdot (l_1 + l_2) - R_{Ax} \cdot l_2 = 0,3 \cdot (151 + 71,5) - 9,2 \cdot 151 = -1322,45 \text{ H} \cdot \text{мм},$$

$$M_{(x)}^{Dx} = F_e \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - R_{Ax} \cdot (l_2 + l_3) + R_{Bx} \cdot l_3 = 0,3 \cdot (71,5 + 151 + 57,5) - 9,2 \cdot (151 + 57,5) +$$

$$+ 31,9 \cdot 57,5 = 0,05 \text{ H} \cdot \text{мм},$$

б) вертикальна площина:

$$M_{(y)}^{Cy} = 0 \text{ H} \cdot \text{мм},$$

$$M_{(y)}^{Ay} = R_{Ay} \cdot 0 = 0 \text{ H} \cdot \text{мм},$$

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$M_{(y)}^{By} = R_{Ay} \cdot l_2 = 0 \text{ H} \cdot \text{мм},$$

$$M_{(y)}^{Dy} = 0 \text{ H} \cdot \text{мм},$$

3.2.3 Сумарні згинальні моменти:

$$M_{\Sigma} = \sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2},$$

$$M_{\Sigma}^C = \sqrt{(M_x^C)^2 + (M_y^C)^2} = \sqrt{0^2 + 0^2} = 0 \text{ H} \cdot \text{мм},$$

$$M_{\Sigma}^A = \sqrt{(M_x^A)^2 + (M_y^A)^2} = \sqrt{21,45^2 + 0^2} = 21,45 \text{ H} \cdot \text{мм},$$

$$M_{\Sigma}^B = \sqrt{(M_x^B)^2 + (M_y^B)^2} = \sqrt{(-1322,45)^2 + 0^2} = 1322,45 \text{ H} \cdot \text{мм},$$

$$M_{\Sigma}^D = \sqrt{(M_x^D)^2 + (M_y^D)^2} = \sqrt{0,05^2 + 0^2} = 0,05 \text{ H} \cdot \text{мм},$$

3.2.4 Крутний момент:

$$T_2 = 1,78 \text{ H} \cdot \text{мм}.$$

3.2.5 Еквівалентні моменти:

$$M_{екв}^C = \sqrt{(M_{\Sigma}^C)^2 + T^2} = \sqrt{0^2 + (1,78)^2} = 1,78 \text{ H} \cdot \text{мм},$$

$$M_{екв}^A = \sqrt{(M_{\Sigma}^A)^2 + T^2} = \sqrt{(21,45)^2 + (1,78)^2} = 21,524 \text{ H} \cdot \text{мм},$$

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		38

$$M_{екв}^B = \sqrt{(M_{\Sigma}^B)^2 + T^2} = \sqrt{(1322,45)^2 + (1,78)^2} = 1322,4512 \text{ Н} \cdot \text{мм},$$

$$M_{екв}^D = \sqrt{(M_{\Sigma}^D)^2 + T^2} = \sqrt{(0,05)^2 + (1,78)^2} = 1,781 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

3.3 Підбір та перевірка підшипників

3.3.1 Початкові дані

Діаметр місця підшипникового вузла на валу складає $d_{\Pi}=25$ мм.

Сили, що діють на опори: радіальні складові реакцій дорівнюють R_A ?
 $A_x=9,2$ Н та $B_{Vx}=31,9$ Н.

Швидкість обертання валу - $n=1276,4$ об/хв.

Номінальний термін служби підшипника, що розраховується, становить
 $[LH] = 12000$ годин [дані з [3, таблиця Т30, сторінка 30]].

3.3.2 Визначення сумарних (рівнодійних) сил у підпирних точках

Радіальна сила, що прикладена до опори А

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = \sqrt{9,2^2 + 0^2} = 9,2 \text{ Н}. \quad (3.15)$$

Радіальна реакція в опорі В

$$R_B = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{By}^2} = \sqrt{31,9^2 + 0^2} = 31,9 \text{ Н}. \quad (3.16)$$

3.3.3 Вибір допоміжних коефіцієнтів

Коефіцієнт обертання $K_B=1$ [3, с.30] (обертається внутрішнє кільце). Температурний коефіцієнт при робочій температурі меншій 100°C $K_T=1$ [3, с.30]. Коефіцієнт безпеки $K_B=1,2$ [3, табл.Т31, с.30].

3.3.4 Для розкрійної стрічкової машини необхідно перевірити кут нахилу осі вала в опорах.

$$\theta = 5 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{F \cdot l_2 \cdot (l_2 + B)^2}{d_2^4}, \quad (3.17)$$

$$\theta = 5 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{31,9 \cdot 151 \cdot (151 + 630)^2}{25^4} = 0,00032 < [\theta] = 0,0024,$$

Відтак постає потреба у доборі кульових підшипників. Для рушійного механізму, з посадковим діаметром $d_{\text{П}}=25$ мм, зупинилися на кульковому підшипнику 205 [3, таблиця Т32, стор. 32], що характеризується динамічним коефіцієнтом вантажоспроможності $C=14000$ Н та статичним $C_0=6950$ Н, при цьому зовнішній діаметр D складає 52 мм, а ширина підшипника $B_{\text{П}} - 15$ мм.

3.3.5 Визначення сумарного радіального навантаження

$$F = F_M \cdot K_B \cdot K_T \cdot K_B = 31,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 38,28 \text{ Н.} \quad (3.18)$$

де F_M – більше значення радіальної сили R_A або R_B .

3.3.6 Термін служби підшипника

$$L_n = \frac{10^6}{60 \cdot n_2} \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^3 = \frac{10^6}{60 \cdot 1276,4} \cdot \left(\frac{14000}{38,28}\right)^3 = 638749059,7 \text{ год.}, \quad (3.19)$$

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		40

3.4 Розробка технології відновлення розкрійної машини

3.4.1 Аналіз найбільш навантажених вузлів та виявлення можливих ушкоджень

Елементи розкрійного верстата піддаються дії змінних навантажень. Оскільки швидкість обертання головного вала досягає 2000 обертів за хвилину, це накладає суворі вимоги до точності механічної обробки, збірки та якості матеріалів, що використовуються для виготовлення цих складових.

Найбільш інтенсивного зносу від експлуатаційних навантажень та значних швидкостей взаємного руху зазнають ті елементи, що працюють у парі тертя. У даній системі найбільше навантаженими є вузли підшипників приводного вала, а також контактні поверхні вал-шків.

Вал зазнає руйнування (зносу) у зоні безпосереднього контакту зі шківом.

Шків зношується з внутрішнього боку, по його циліндричній поверхні. Крім того, існує ризик ослаблення або порушення монтажного натягу у з'єднанні між зовнішньою циліндричною поверхнею підшипникових вузлів та корпусом обладнання.

3.4.2 Аналіз найбільш навантажених деталей та виявлення можливих ушкоджень

Руйнування елементів машин групують у три класи: стирання, механічні ушкодження та хімічні ураження.

Чинники, що спричиняють стирання деталей машин, включають тиск, циклічні навантаження, стан та стабільність змащувальних режимів, швидкість зміщення поверхонь тертя, робочі температурні умови, а також реакційна здатність доквілля тощо.

Як уже відомо, залежно від типу тертя, усі компоненти поділяються на п'ять категорій за характером стирання.

Пари тертя, що розглядаються у цій праці, належать до першої категорії – це контакт по циліндричній площині "вал – ковзний підшипник". До цієї ж гру-

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		41

пи відносять елементи ходової частини рухомих засобів, для яких головним фактором, що визначає їхній ресурс, є абразивне стирання компонентів.

Через забруднення змащувальних речовин на робочих гранях утворюються подряпини та заїдання, що прискорює зношування таких тертяних пар і є найпоширенішою причиною виходу з ладу.

За інтенсивністю процесу, стирання поділяють на три фази:

1-ша фаза – характеризується швидким збільшенням зносу – це період припасування компонентів;

2-га фаза – відповідає штатному функціонуванню, є найтривалішою за часом;

3-тя фаза – відзначається інтенсивним наростанням зносу деталей через посилення зазорів у зчленуваннях.

Отже, знаючи закономірності накопичення зносу деталей або розширення проміжків у з'єднанні, можна легко встановити гранично допустимий ступінь зношення деталей або величину зазорів у зчленуваннях.

З огляду на ймовірність виникнення, руйнування компонентів поділяються на три типи: залежні, однаково ймовірні та незалежні (випадкові).

За механізмом появи, залежні та однаково ймовірні руйнування можуть бути наслідком нормального зносу, тоді як випадкові – результатом надзвичайних ситуацій.

Класифікація несправностей дає можливість коректно обирати методи відновлення окремих, особливо типових, деталей; забезпечує обґрунтовану спеціалізацію відновлювальних підрозділів; дозволяє проводити розрахунки трудових та матеріальних витрат, пов'язаних із відновленням; а також раціонально планувати виробничі процеси.

У нашому випадку найбільше страждають контактні поверхні двох деталей, які формують пару тертя. При цьому, в одному варіанті зношування відбувається по внутрішній циліндричній поверхні шківів, а в іншому – по зовнішній

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

циліндричній поверхні вала. Поштовхом до зношування є циклічні контактні навантаження, які виникають у процесі зміни положення поверхонь тертя.

3.4.3 Розрахунок параметрів з'єднань з натягом

Вихідні дані:

Матеріал валу – сталь 45; діаметр валу – $D = 25 \text{ мм}$; довжина маточини шківів $l = 30 \text{ мм}$; частота обертання валу – $n = 2000 \text{ хв}^{-1}$ матеріал шківів – СЧ 12.

Необхідно: гарантований натяг пари тертя.

Гарантований натяг знайдемо за формулою:

$$\delta = d_3 \cdot 10^3 \cdot p \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_1}{E_1} \right), \quad (3.20)$$

де p – середній тиск на втулку.

$$p = \frac{P_3}{\pi \cdot d_3 \cdot l \cdot f}, \quad (3.21)$$

де P_3 – зусилля запресування,

f – коефіцієнт тертя на поверхнях спряжень деталей, $f=0.15$.

$$P_3 = 1,6 \cdot P_p, \quad (3.22)$$

де P_p - робоче зусилля.

$$P_3 = 1,6 \cdot 0,99 = 1,6 \text{ Н}. \quad (3.23)$$

$$p = \frac{1,6}{3,14 \cdot 25 \cdot 30 \cdot 0,15} = 0,005 \text{ Н}, \quad (3.24)$$

Добір складових частин для реставрації

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		43

Згідно з результатами попереднього вивчення зон, що зазнають найбільшого навантаження та виходу з ладу, найбільш схильними до руйнування через тертя та стирання є елементи пари тертя – осі та шків. Зокрема, вісь зношується на своїй зовнішній циліндричній площі, тоді як шків – на відповідній внутрішній циліндричній поверхні.

У зв'язку з цим, саме ці площини будуть обрані для проведення відновлювальних робіт.

3.4.4 Розробка технології розбирання

Класифікація вузлів розкрийної машини

У загальному випадку, розкрийну установку можна розділити на такі основні агрегати:

Механізм, що забезпечує рух ножа;

2. Складові частини для процесу заточування та змащування ріжучого елемента.

3. Пристрої, відповідальні за натяг, фіксацію та напрямок руху.

4. Елементи, призначені для уловлювання як самого ножа, так і для його змащення.

Демонтаж розкрийної машини розпочинається з від'єднання її від усіх підвідних мереж. Після цього необхідно ослабити ступінь натягу стрічки та приступити до розбирання апарату.

Для проведення ремонтних робіт з приводним валом та шківом демонтування здійснюється у такій послідовності. Спершу треба послабити фіксацію шести гвинтів з позначкою 18 і зняти обидві кришки, марковані як 19. Потім відхиляється головна кришка 20, відкручуються чотири гайки, позначені 21, і витягуються пластини 22 та 23. Відкручується гвинт 24, і демонтується захисний кожух 25. Далі викручуються гвинти 26, і виймається пристрій для заточування, позначений 27. Викручуються гвинти 28, і знімається пластина 29. Витягуються ущільнення 32, ослаблення натягу стрічки здійснюється за допомогою маховика 9, після чого знімається стрічковий ніж.

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Натяг клинопасової системи послаблюється гвинтом 31, знімається пас 7, викручуються болти 34, і демонтується привідний вузол. Далі, відкручуючи болти 35 та 36, знімаються шків 4 та маховик 37. Викрутивши вісім гвинтів 38, виймаються обидві притискні кришки 39, і після цього витягується приводний вал 40 разом із підшипниками 41.

На цьому етапі демонтаж машини в обсязі, необхідному для обслуговування приводного вала та його опор, вважається завершеним.

3.4.6 Шлях технологічного процесу відновлення приводного вала

Для відновлення зовнішньої частини вала можна використати один із методів, які наведені нижче (схема 3.1).

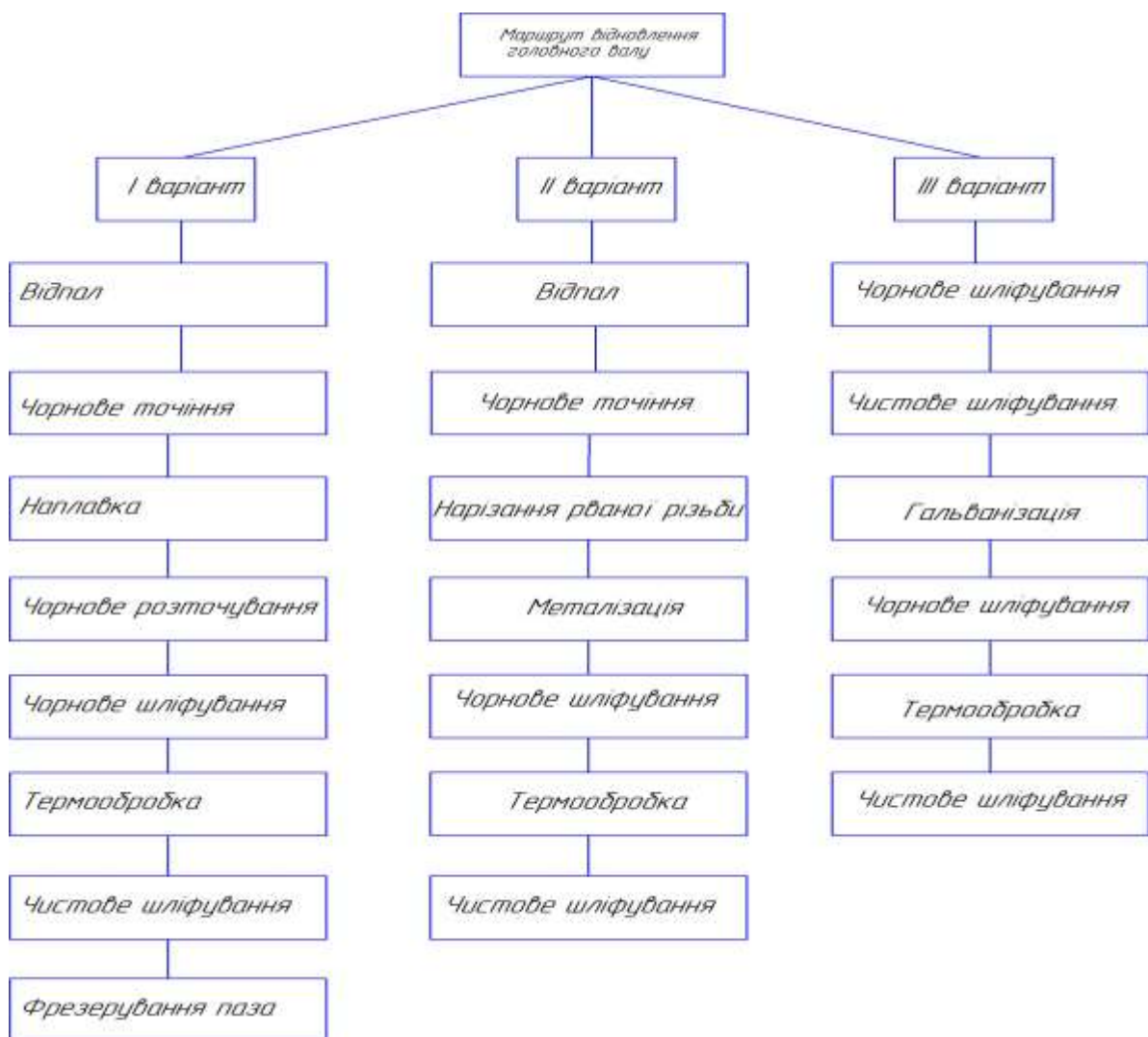


Рисунок 3.1 – Варіанти технологічного маршруту відновлення приводного валу

Для реставрації нашої складової було узгоджено першу з наявних методик відновлення, а саме: збільшення діаметрального розміру осі відбуватиметься через процес наплавлення. Це зумовлено тим, що такий підхід доволі нескладний у впровадженні та не спричиняє жодних структурних трансформацій у товщі матеріалу деталі, що має критичне значення саме для нашого випадку.

Основна ідея цієї реставраційної процедури полягає у нагріванні дроту за допомогою спеціальної наплавочної голівки та подальшому нанесенні його у розм'якшеному стані на робочу площину деталі. Накладення шару металу на поверхність елемента як метод відновлення дає змогу формувати покриття з будь-якого металу, товщина якого коливається у межах від 0.4 до 3 мм. При цьому основний метал ремонтованої деталі не перевищує температуру у 70 градусів, що виключає появу внутрішніх напружень, здатних спричинити деформацію чи зміни у структурі. Додатковою перевагою є також відносно низька фінансова вартість цієї операції.

3.4.7 Послідовність дій при реставрації шківів

Технологічна послідовність відновлювальних робіт для шківів є значно менш об'ємною, аніж та, що необхідна для вала.

Причина цього криється у факті, що під час ремонту внутрішньої циліндричної ділянки елемента, накладання додаткового металевих шару певним методом не планується.

Отже, увесь цикл робіт обмежується механічною обробкою круглого отвору, аби відновити йому потрібні геометричні параметри та рівень чистоти поверхні.

На рисунку 3.2 ілюструються потенційні способи ремонту шківів.

					MPMA 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

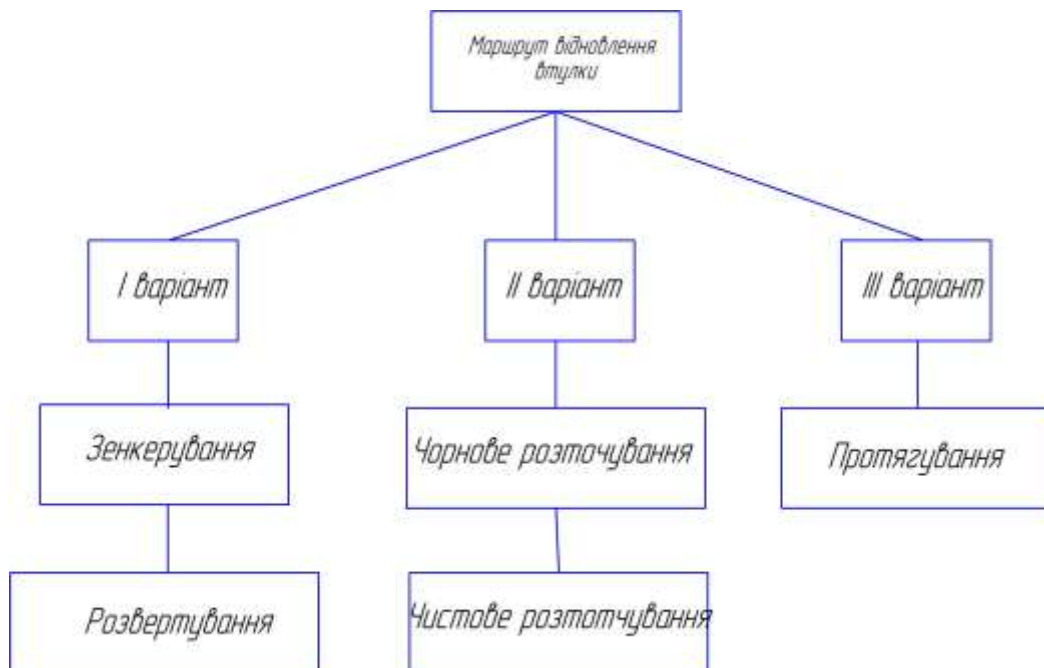


Рисунок 3.2 – Варіанти технологічного маршруту відновлення шківів

Перший спосіб обробки вимагає наявності свердлильного верстата, а також фасонних інструментів, а саме зенкера та розвертки.

Стосовно другого варіанту, його також цілком реально здійснити на місці, використовуючи токарний верстат у парі з відповідними різцями.

Третій метод, своєю чергою, передбачає застосування протяжного верстата та стандартної кільцевої протяжки. Проте, ця протяжка є досить витратним інструментом і не завжди доступна у потрібних діаметрах, які б відповідали необхідному розміру отвору.

Таким чином, з-поміж розглянутих альтернатив, перший варіант є найменш складним та затратним. Втілення саме цього підходу дозволяє провести всю необхідну обробку за однією робочою зоною, задіюючи лише один прилад обладнання. При цьому досягаються такі параметри точності та якості поверхні деталі, які цілком задовольняють вимогам ремонту.

3.4.9 Детальна розробка технології відновлення деталей

Схема відновлювальних робіт для вала приводу розкрийної установки складатиметься з восьми послідовних етапів та має таку структуру:

005 Термічна обробка – Піч СВЧ-типу

- 1 Помістити деталь у піч.
- 2 Провести процес відпалу.
- 3 Вийняти деталь після повного остигання печі.

010 Обробка на токарному верстаті – Верстат токарно-гвинторізний моделі 16Б16А

- 1 Закріпити (встановити) деталь.
- 2 Виконати чорнове точіння поверхні номер 1.
- 3 Демонтувати деталь.

015 Наплавлення – Станція наплавлення ПАУ-1

- 1 Закріпити (встановити) деталь.
- 2 Нанести шар металу методом наплавлення.
- 3 Демонтувати деталь.

020 Обробка на токарному верстаті – Верстат токарно-гвинторізний моделі 16Б16А

- 1 Закріпити (встановити) деталь.
- 2 Виконати чорнове точіння поверхні номер 1.
- 3 Демонтувати деталь.

025 Шліфування – Круглошліфувальний верстат моделі 3М153

- 1 Закріпити (встановити) деталь.

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		48

2 Виконати попереднє шліфування поверхні номер 1.

3 Демонтувати деталь.

030 Термічна обробка – Піч СВЧ-типу

1 Помістити деталь у піч.

2 Здійснити загартування поверхні номер 1.

3 Вийняти деталь.

035 Шліфування – Круглошліфувальний верстат моделі 3М153

1 Закріпити (встановити) деталь.

2 Виконати чистове шліфування поверхні номер 1.

3 Демонтувати деталь.

040 Фрезерна обробка – Вертикально-фрезерний верстат 6Р11Ф3-1

1 Закріпити (встановити) деталь.

2 Профрезерувати шпонковий паз.

3 Демонтувати деталь.

3.4.10 Визначення параметрів різання при чорновому точенні

Радіус/глибина зрізу:

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (3.25)$$

$$t = \frac{25 - 24}{2} = 0,5 \text{ мм.}$$

Подача для шорсткості $R_a = 12,5 \text{ мм}$ становить $S_o = 0,4$.

Швидкість різання:

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		49

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v, \quad (3.26)$$

де, T - середнє значення стійкості інструменту при одноінструментній обробці згідно [3, табл. 17, ст.268] $T = 60 \text{ хв}$, коефіцієнт $C_v = 350$, показники степе-
ня $m = 0,2$, $x = 0,15$, $y = 0,35$ - вибираються згідно [3, ст.269, табл.17] в залежно-
сті від подачі $s = 0,5 \text{ мм/об}$ згідно [3, ст.266, табл.11].

Коефіцієнт K_v :

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (3.27)$$

де, K_{mv} - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки згідно [3, ст. 262, табл. 3]; K_{nv} - коефіцієнт, який враховує вплив поверхні заготовки, $K_{nv} = 0,90$ [3, ст. 263, табл. 5]; K_{iv} - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту, $K_{iv} = 1,15$ [3, ст. 263, табл. 6].

$$K_{MV} = K_F \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} \quad (3.28)$$

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{800}\right)^1 = 0,9375,$$

Отже,

$$K_v = 0,9375 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,84375. \quad (3.29)$$

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Підставляємо значення у формулу 3.26 і знаходимо швидкість різання:

$$V = \frac{350 \cdot 0,84375}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} = 199,11 \text{ м/хв},$$

Частота обертання шпинделя верстата:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D}, \quad (3.30)$$

$$n = \frac{199,11 \cdot 1000}{3,14 \cdot 25} = 2536,4 \text{ хв}^{-1}.$$

Відповідно до паспорта верстата, приймаємо максимально можливу частоту обертання шпинделя $n_{II} = 2000 \text{ хв}^{-1}$.

Дійсна швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{II}}{1000}. \quad (3.31)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 2000}{1000} = 157 \text{ м/хв}.$$

Сила різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.32)$$

де, $C_p = 300$, $x = 1,0$, $y = 0,75$, $n = -0,15$ згідно [3, ст. 273, табл. 22]; K_p - поправочний коефіцієнт, який дорівнює добутку коефіцієнтів, що враховують фактичні умови різання:

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		51

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 157^{-0,15} \cdot 1,0 = 354,6 \text{ H} ,$$

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} , \quad (3.33)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{354,6 \cdot 157}{1020 \cdot 60} = 0,9 \text{ кВт} .$$

Верстат 16Б16А оснащений електродвигуном потужністю $N_\delta = 4,2 \text{ кВт}$, коефіцієнт корисної дії приводу головного руху верстата $\eta = 0,75$. Таким чином, корисна потужність верстата:

$$N_\kappa = N_\delta \cdot \eta , \quad (3.34)$$

$$N_\kappa = 4,2 \cdot 0,75 = 3,15 \text{ кВт} .$$

Перевірка потужності по допустимій потужності верстата:

$$N_{\text{різ}} < N_\kappa \quad (3.35)$$

$$1,4 \text{ кВт} < 3,15 \text{ кВт} .$$

Таким чином, на цьому верстаті можна здійснити чорнове обточування вала, дотримуючись запропонованого режиму різання.

Визначення нормативного часу для виконання цієї операції:

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n_{II} \cdot s}, \quad (3.36)$$

де Δ - перебіг інструменту, приймаємо $\Delta = 2 \text{ мм}$;

i - кількість проходів, $i = 1$;

y - величина врізання:

$$y = t \cdot \text{ctg} \varphi, \quad (3.37)$$

$$y = 0,5 \cdot \text{ctg} 60 = 0,2887 \text{ мм},$$

L - довжина робочого ходу різця:

$$L = l + y + \Delta, \quad (3.38)$$

$$L = 30 + 0,2887 + 2 = 32,2887 \text{ мм},$$

$$T_0 = \frac{32,2887 \cdot 1,0}{2000 \cdot 0,4} = 0,0404 \text{ хв.}$$

3.4.11 Визначення параметрів наплавлення під шаром флюсу

Необхідно визначити робочі параметри для процесу дугового наплавлення шийки вала, яка має такі розміри: діаметр $D=24 \text{ мм}$, довжина $L=60 \text{ мм}$, а також запланована товщина наплавленого шару $h=4 \text{ мм}$.

Значення сили струму:

$$I_n = 110 \cdot d_{op} + 10 \cdot d_{op}^2, \quad (3.39)$$

$$I_n = 110 \cdot 3 + 10 \cdot 3^2 = 360 \text{ А},$$

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		53

Наплавний струм приймаємо $I = 360$ А. діаметр дроту приймаємо $d=3$ мм.

Рекомендована робоча напруга дуги $U=30$ В.

Швидкість наплавлення розраховуємо за формулою:

$$v_i = \frac{0,785 \cdot d_{ад}^2 \cdot v_{iа} \cdot k_i}{h \cdot S}, \quad (3.40)$$

З таблиці 2.15, v – швидкість подачі дроту; $v=2.0$; $k=0.85$; $S=5$ мм/об.

Тоді:

$$v_n = \frac{0,785 \cdot 3^2 \cdot 2 \cdot 0,85}{4 \cdot 5} = 0,6 \text{ м/хв},$$

Частота обертання деталі розраховуємо:

$$n = \frac{10^3 \cdot v_i}{\pi \cdot (D + 2h)} = \frac{10^3 \cdot 0,6}{3,14 \cdot (24 + 8)} = 5,9 \hat{\text{а}} / \hat{\text{а}}, \quad (3.41)$$

Приймаємо швидкість обертання деталі, скореговану за можливостями верстата, $n=5$ об/хв.

Час наплавлення

$$t_i = \frac{L_i}{n \cdot S} = \frac{30}{5 \cdot 5} = 1,2 \hat{\text{а}}. \quad (3.42)$$

					<i>MPMA 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		54

3.4.12 Розрахунок режимів різання при чорновому точінні

Глибина різання:

$$t = \frac{D-d}{2}, \quad (3.43)$$

$$t = \frac{28-27}{2} = 0,5 \text{ мм.}$$

Подача для шорсткості $R_a = 12,5 \text{ мм}$ становить $S_o = 0,4$.

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v, \quad (3.44)$$

де, T - середнє значення стійкості інструменту при одноінструментній обробці згідно [3, табл. 17, ст.268] $T = 60 \text{ хв}$, коефіцієнт $C_v = 350$, показники степеня $m = 0,2$, $x = 0,15$, $y = 0,35$ - вибираються згідно [3, ст.269, табл.17] в залежності від подачі $s = 0,4 \text{ мм/об}$ згідно [3, ст.266, табл.11].

Коефіцієнт K_v :

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (3.45)$$

де, K_{mv} - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки згідно [3, ст. 262, табл. 3]; K_{nv} - коефіцієнт, який враховує вплив поверхні заготовки, $K_{nv} = 0,90$ [3, ст. 263, табл. 5]; K_{iv} - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту, $K_{iv} = 1,15$ [3, ст. 263, табл. 6].

$$K_{MV} = K_F \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} \quad (3.46)$$

$$K_{MV} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{800}\right)^1 = 0,9375,$$

Отже,

$$K_v = 0,9375 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,84375.$$

Підставляємо значення у формулу 3.44 і знаходимо швидкість різання:

$$V = \frac{350 \cdot 0,84375}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} = 199,11 \text{ м/хв},$$

Частота обертання шпинделя верстата:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D}, \quad (3.47)$$

$$n = \frac{199,11 \cdot 1000}{3,14 \cdot 33} = 1921,5 \text{ хв}^{-1}.$$

Відповідно до паспорта верстата, приймаємо максимально можливу частоту обертання шпинделя $n_{II} = 2000 \text{ хв}^{-1}$.

Дійсна швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{II}}{1000}. \quad (3.48)$$

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		56

$$V = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 2000}{1000} = 175,84 \text{ м/хв} .$$

Сила різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.49)$$

де, $C_p = 300$, $x = 1,0$, $y = 0,75$, $n = -0,15$ згідно [3, ст. 273, табл. 22]; K_p - поправочний коефіцієнт, який дорівнює добутку коефіцієнтів, що враховують фактичні умови різання:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 175,84^{-0,15} \cdot 1,0 = 347,07 \text{ Н} ,$$

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (3.50)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{347,07 \cdot 175,84}{1020 \cdot 60} = 0,9 \text{ кВт} .$$

Верстат 16Б16А оснащений електродвигуном потужністю $N_d = 4,2 \text{ кВт}$, коефіцієнт корисної дії приводу головного руху верстата $\eta = 0,75$. Таким чином, корисна потужність верстата:

$$N_k = N_d \cdot \eta, \quad (3.51)$$

$$N_k = 4,2 \cdot 0,75 = 3,15 \text{ кВт} .$$

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		57

Контроль робочих характеристик відповідно до номінальної спроможності обладнання:

$$N_{\text{рвз}} < N_{\text{к}} \quad (3.52)$$

$$0,9 \text{ кВт} < 3,15 \text{ кВт} .$$

Отже, на даному верстаті можна здійснити чорнове точіння вала, дотримуючись запропонованого режиму різання.

Розрахунок тривалості часу для виконання цієї операції:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n_{\text{п}} \cdot s}, \quad (3.53)$$

де Δ - перебіг інструменту, приймаємо $\Delta = 2 \text{ мм}$;

i - кількість проходів, $i = 1$;

y - величина врізання:

$$y = t \cdot \text{ctg} \varphi, \quad (3.54)$$

$$y = 0,5 \cdot \text{ctg} 60 = 0,2887 \text{ мм},$$

L - довжина робочого ходу різця:

$$L = l + y + \Delta, \quad (3.55)$$

$$L = 30 + 0,2887 + 2 = 32,2887 \text{ мм},$$

					MPMA 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$T_0 = \frac{32,2887 \cdot 1,0}{2000 \cdot 0,4} = 0,0404 \text{ хв.}$$

3.4.13 Розрахунок режимів різання при чорновому шліфуванні

Глибина шліфування:

$$t = \frac{d_6 - d}{2}, \quad (3.56)$$

$$t = \frac{27 - 26,2}{2} = 0,4 \text{ мм.}$$

Згідно [3, с. 253, табл. 170] вибираємо шліфувальний круг діаметром $D = 500 \text{ мм}$.

Параметри різання згідно [3, ст. 301, табл. 55]:

швидкість круга $v_k = 20 \text{ м/с}$; паспортна частота $n_3 = 1900 \text{ хв}^{-1}$.

Колова швидкість шліфувального круга:

$$v_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60}, \quad (3.57)$$

$$v_k = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 1900}{1000 \cdot 60} = 49,72 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання деталі:

$$n_3 = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D}, \quad (3.58)$$

$$n_3 = \frac{20 \cdot 1000}{3,14 \cdot 27} = 235,9 \text{ хв}^{-1}.$$

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

Хвилинна поздовжня подача:

$$v_{cm} = \frac{S_{\delta} \cdot B \cdot n_3}{1000}, \quad (3.59)$$

$$v_{cm} = \frac{0,7 \cdot 15 \cdot 235,9}{1000} = 2,5 \text{ м/хв.}$$

Основний час операції:

$$T_m = \frac{L \cdot h}{n_{II} \cdot S_{\delta} \cdot B \cdot t} \cdot K, \quad (3.60)$$

$$T_m = \frac{33 \cdot 0,2 \cdot 1,2}{235,9 \cdot 0,7 \cdot 15 \cdot 0,4} = 0,008 \text{ хв.}$$

3.4.14 Розрахунок режимів різання при чистовому шліфуванні

Глибина шліфування:

$$t = \frac{d_6 - d}{2}, \quad (3.61)$$

$$t = \frac{26,2 - 26}{2} = 0,1 \text{ мм}$$

Згідно [3, с. 253, табл. 170] вибираємо шліфувальний круг діаметром $D = 500 \text{ мм}$.

Параметри різання згідно [3, ст. 301, табл. 55]:

швидкість круга $v_k = 20 \text{ м/с}$; паспортна частота $n_3 = 1900 \text{ хв}^{-1}$.

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Колова швидкість шліфувального круга:

$$v_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60}, \quad (3.62)$$

$$v_k = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 1900}{1000 \cdot 60} = 49,72 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання деталі:

$$n_3 = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D}, \quad (3.63)$$

$$n_3 = \frac{20 \cdot 1000}{3,14 \cdot 31,2} = 204,14 \text{ хв}^{-1}.$$

Хвилинна поздовжня подача:

$$v_{cm} = \frac{S_d \cdot B \cdot n_3}{1000}, \quad (3.64)$$

$$v_{cm} = \frac{0,2 \cdot 15 \cdot 204,14}{1000} = 0,6 \text{ м/хв.}$$

Основний час операції:

$$T_m = \frac{L \cdot h}{n_{II} \cdot S_d \cdot B \cdot t} \cdot K, \quad (3.65)$$

$$T_m = \frac{33 \cdot 0,2 \cdot 1,2}{204,14 \cdot 0,2 \cdot 15 \cdot 0,1} = 0,13 \text{ хв.}$$

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		61

3.4.15 Розрахунок режимів різання при фрезеруванні шпонкового паза.

Шпоночний паз характеризується наступними розмірами: , звідки означає ширину, глибину та протяжність цього паза у відповідності.

Обираємо обробний інструмент: фреза для шпонок, оснащена гладким (циліндричним) хвостовиком, що відповідає стандарту ГОСТ 16463 – 80; матеріал виготовлення – , його діаметр підібрано відповідно до джерел [2, сторінка 179, таблиця 76].

Швидкість, з якою здійснюється різання:

$$v = \frac{C_v d_\phi^q}{T^m t^x s_z^y} K_v, \quad (3.66)$$

де, $C_v = 12$, і показники степеня $q = 0,3$ $x = 0,3$ $y = 0,25$ $m = 0,26$ згідно [2, ст. 287, табл. 39]; $T = 60xv$ згідно [2, ст. 290, табл. 40]; $s_z = 0,024$ відповідно до [2, ст. 286, табл. 38]; K_v - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання , що враховує фактичні умови різання. Коефіцієнт K_v :

$$K_v = K_{mv} K_{mv} K_{iv}, \quad (3.67)$$

де, K_{mv} - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки $K_{mv} = 1,0$ згідно [2, ст. 262, табл. 3]; K_{mv} - коефіцієнт, який враховує вплив поверхні заготовки, $K_{mv} = 1,0$ [2, ст. 263, табл. 5]; K_{iv} - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу інструменту, $K_{iv} = 1,0$ [2, ст. 263, табл. 6].

Отже, K_v :

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0.$$

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$v = \frac{12 \cdot 10^{0,3}}{60^{0,26} 1,395^{0,3} 0,024^{0,25}} \cdot 1,0 = 2,39 \text{ м/хв} .$$

Частота обертання фрези:

$$n = \frac{V1000}{\pi D} = \frac{2,39 \cdot 1000}{3,14 \cdot 10} = 76,1 \text{ об/хв} . \quad (3.68)$$

Відповідно до паспорта верстата, приймаємо частоту обертання шпинделя $n_{\Pi} = 80 \text{ об/хв} .$

Дійсна швидкість різання:

$$v = \frac{\pi \cdot d_{\phi} \cdot n_{\Pi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 80}{1000} = 2,51 \text{ м/хв} . \quad (3.69)$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y}{d_{\phi} n^w} K_{mp} , \quad (3.70)$$

де, $C_p = 82,5$, показники степеня $x=1,0 y=0,8 w=0$ згідно [2, ст. 291, табл. 41]; $K_{mp} = 1,12$.

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 1,395 \cdot 0,024^{0,8}}{10 \cdot 1} \cdot 1,12 = 6,52 \text{ Н} .$$

Крутний момент:

$$M_{kp} = \frac{P_z d_{\phi}}{2 \cdot 100} = \frac{6,52 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 0,31 \text{ Н} \cdot \text{м} , \quad (3.71)$$

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{6,52 \cdot 2,51}{1020 \cdot 60} = 0,026 \text{ кВт}. \quad (3.72)$$

Машина 6P11ФЗ-1 має встановлений двигун певної потужності, що дає змогу здійснювати фрезерування паза під шпонку у рамках заданих параметрів різання, з огляду на те, що [тут має бути пояснення, чому це можливо].

Тривалість основного технологічного циклу становить:

$$T_0 = \frac{L}{n_{\text{II}} \cdot s_z \cdot z}, \quad (3.73)$$

де, L - довжина шпонкового паза $L = 24 \text{ мм}$; z - кількість зубів фрези $z = 30$.

$$T_0 = \frac{24}{80 \cdot 0,024 \cdot 30} = 0,42 \text{ хв}.$$

3.4.16 Вибір обладнання для відновлення, розрахунки по відновленню втулки

Процедура технологічного ремонту шківного колеса складатиметься із двох послідовних етапів і матиме таку структуру:

005 Зенкерування – обладнання: вертикально-свердлильний верстат моделі 6P11ФЗ-1

- 1 Закріпити робочу деталь.
- 2 Виконати зенкерування отвору.
- 3 Демонтувати деталь.

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

010 Фрезерування (Ровертування) – обладнання: вертикально-свердлильний верстат моделі 6P11Ф3-1

1 Закріпити робочу деталь.

2 Здійснити фрезерування шпонкового пазу.

3 Демонтувати деталь.

3.4.11 Визначення оптимальних параметрів різання під час зенкерування отвору

Розрахункова швидкість різання, що застосовується при зенкеруванні:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.74)$$

де $C_v = 18,8$, $T = 70$ хв, $m = 0,125$, $x = 0,1$, $y = 0,4$, $t = 0,7$, $S = 1,2$, $q = 0,20$ [3, с. 279, табл. 29]:

$$v = \frac{18,8 \cdot 25^{0,2}}{70^{0,125} \cdot 0,7^{0,1} \cdot 1,2^{0,4}} \cdot 0,9355 = 18,6 \text{ м / хв}$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}, \quad (3.75)$$

де $K_{mv} = 0,9355$ - коефіцієнт на оброблюючий матеріал [3, с. 261, табл. 1],

$K_{uv} = 1$ - коефіцієнт на інструментальний матеріал [3, с. 263, табл. 6],

$K_{lv} = 1$ - коефіцієнт, що враховує глибину свердління [3, с. 280, табл. 31],

$$K_v = 0,9355 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9355,$$

					MPMA 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

Крутний момент і осьова сила

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.76)$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.77)$$

де $C_m = 0,196$, $t = 0,7$, $S = 1,2$, $K_p = 1,0$, $q = 0,85$, $x = 0,8$, $y = 0,7$, $C_p = 46$, $q = 0$,
 $x = 1$, $y = 0,4$.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,196 \cdot 25^{0,85} \cdot 0,7^{0,8} \cdot 1,2^{0,7} \cdot 1,0 = 25,8 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$P_o = 10 \cdot 46 \cdot 0,7^1 \cdot 1,2^{0,4} \cdot 1,0 = 347,8 \text{ Н}.$$

3.4.12 Розрахунок режимів різання отвору при розвертуванні

Швидкість різання при розвертуванні:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.78)$$

де $C_v = 18,8$, $T = 70 \text{ хв}$, $m = 0,125$, $x = 0,10$, $y = 0,4$, $t = 0,3$, $S = 1,2$, $q = 0,20$ [3, с. 279, табл. 29]:

$$v = \frac{18,8 \cdot 26,2^{0,2}}{70^{0,125} \cdot 0,3^{0,1} \cdot 1,2^{0,4}} \cdot 0,9355 = 20,1 \text{ м / хв},$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}, \quad (3.79)$$

					MPMA 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		66

де $K_{mv} = 8$ - коефіцієнт на оброблюючий матеріал [3, с. 261, табл. 1],

$K_{uv} = 1$ - коефіцієнт на інструментальний матеріал [3, с. 263, табл. 6],

$K_{lv} = 1$ - коефіцієнт, що враховує глибину свердління [3, с. 280, табл. 31],

$$K_v = 0,9355 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9355,$$

Крутний момент і осьова сила

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.80)$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.81)$$

де $C_m = 0,196$, $t = 0,3$, $S = 1,2$, $K_p = 1,0$, $q = 0,85$, $x = 0,8$, $y = 0,7$, $C_p = 46$, $q = 0$,
 $x = 1$, $y = 0,4$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,196 \cdot 26,2^{0,85} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,2^{0,7} \cdot 1,0 = 10,04 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$P_o = 10 \cdot 46 \cdot 0,2^1 \cdot 1,2^{0,4} \cdot 1,0 = 99,4 \text{ Н}.$$

Висновки до розділу 3

Проведено розрахунки приводного вала на згин, що підтвердили можливість використання даного вала. Також в записці наведені розрахунки двигуна, клиновидного паса та підшипників.

					MPMA 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		67

ВИСНОВКИ

У цьому магістерському дослідженні було спроектовано стрічкову розкрійну установку. Ключові інновації у створеній машині – це впровадження частотного перетворювача та заміна уретрального вузла на натяжний механізм. Завдяки цим змінам, експлуатаційні характеристики машини дозволяють коригувати швидкість руху полотна, що мінімізує його перегрів. Як наслідок, кромка розрізаного матеріалу не піддається термічному впливу (не оплавляється).

Було здійснено аналіз існуючих технічних рішень та архітектур стрічкових розкрійних агрегатів. Спираючись на результати цього аналізу, було прийнято рішення щодо розробки нової конструкції стрічкової розкрійної машини.

Варіаторний механізм, який раніше виконував функцію коробки передач, замінено на частотний регулятор. Використання частотного перетворювача гарантує більш рівномірне і високоточне керування швидкістю стрічки.

Крім того, для розширення функціональних можливостей обладнання запропоновано безконтактний пристрій для забезпечення безпеки персоналу.

Виконано розрахунки напружень згину для приводного вала, які підтвердили його придатність до експлуатації. У текстовій частині роботи також представлені розрахунки потужності двигуна, клинового пасового передавального механізму та опорних вузлів (підшипників).

					MPMA 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		68

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Обладнання для розкрою матеріалів : підручник / за ред. В. І. Соколовського. – Київ : Вища школа, 2010. – 420 с.
2. Технологічне обладнання швейного виробництва : підручник / Н. М. Ткачук, О. О. Левченко. – Київ : Кондор, 2012. – 368 с. (містить розділи з розкрійних машин і автоматів)
3. Машини та апарати легкої промисловості : підручник / В. П. Коваль, І. С. Козак. – Львів : Новий Світ–2000, 2011. – 452 с.
4. Обладнання та процеси механічної обробки матеріалів : навчальний посібник / О. М. Бондаренко. – Харків : НТУ «ХП», 2014. – 390 с.
5. Автоматизоване технологічне обладнання : навчальний посібник / С. М. Кожухар. – Київ : НТУУ «КП», 2016. – 312 с.
6. Технологічне обладнання легкої промисловості : підручник / за ред. В. П. Кононенка. – Київ : Либідь, 2010. – 512 с.
7. Машини та апарати легкої промисловості : підручник / О. І. Тимченко, В. М. Кравець. – Київ : Вища школа, 2008. – 464 с.
8. Обладнання розкрійних процесів : навчальний посібник / Н. І. Бойко. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 288 с.
9. Деталі машин : підручник / за ред. О. В. Кузьменка. – Київ : Вища школа, 2011. – 560 с.
10. Деталі машин і основи конструювання : підручник / В. М. Ковальов, М. І. Чернявський, О. П. Бойко. – Київ : Либідь, 2010. – 480 с.
11. Деталі машин : навчальний посібник / В. І. Мельник, І. М. Гуменюк. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 392 с.
12. Основи конструювання машин : підручник / С. М. Кожушко. – Харків : НТУ «ХП», 2012. – 456 с.
13. Розрахунок і конструювання деталей машин : навчальний посібник / Ю. О. Сидоренко. – Дніпро : ДНУ, 2016. – 368 с4 Пастух І.М., Добжанський

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		69

Ю.Ф. Курсове проектування приводів. Методичні вказівки для студентів механічних спеціальностей. – Хмельницький: ТУП, 1999.

14. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. – Київ, Вища школа, 1993.

15. Деталі машин. Курсове проектування : навчальний посібник / О. А. Шевченко. – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 240 с.

16. Механічні передачі : навчальний посібник / В. П. Тарасенко. – Харків : Факт, 2009. – 312 с.

17. Підшипники кочення і ковзання : навчальний посібник / І. В. Павленко. – Суми : СумДУ, 2013. – 228 с.

18. Вали та осі машин : навчальний посібник / М. О. Довгаль. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2014. – 198 с.

19. Довідник конструктора-машинобудівника / за ред. П. М. Кошового. – Київ : Техніка, 2008. – 720 с.

20. ЄСКД. Основні положення : державні стандарти України (ДСТУ).

21. Машини і механізми. Терміни та визначення : ДСТУ.

22. Методичні вказівки до виконання курсових робіт з дисципліни «Деталі машин» / кафедра прикладної механіки. – ХНУ, 2018.

23. Збірник типових задач з деталей машин / уклад. В. І. Кравченко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 184 с.

24. Скиба М.Є., Іщук В.І., «Експлуатація, обслуговування та ремонт машин». Посібник .- Хмельницький: ХНУ, 2005.- 209 с.

					MPMA 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		70

ДОДАТКИ

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		71