

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ____ ” _____ 2024 р.
Зав. кафедри ____ к.т.н., доцент ____
(науковий ступінь, вчене звання)
____ А.В. Войтік ____
(підпис) (ініціали, прізвище)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
магістр
(освітній рівень)

Тема роботи: «Проектування слюсарно-механічної ділянки ремонтного цеху з розробкою технології відновлення вала відбору потужності коробки передач»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
освітньої програми _____ Магістр
спеціальності _____ 208

«Агроінженерія»

Шацький Андрій Володимирович

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент, Петриченко Є.А.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м.Умань – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра агроінженерії

Освітня програма: _____ магістр _____

Спеціальність: _____ 208 «Агроінженерія» _____

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А.В. Войтік

“ _____ ” _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

студенту: _____ Шацькому Андрію Володимировичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Проектування слюсарно-механічної ділянки ремонтного цеху з розробкою технології відновлення вала відбору потужності коробки передач»

керівник роботи _____ к.т.н., доцент, Петриченко Є.А. _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “14” листопада 2024 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом роботи _____ 25.11.2024 р. _____

3. Вихідні дані до роботи: Характеристика підприємства, базовий технологічний процес.

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

– 00

5. Перелік презентаційних матеріалів: презентація (не більше 20 слайдів).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Дата підпису	
		видали завдання	прийняв завдання
Техніко-економічне обґрунтування	Петриченко Є.А.к.тн., доцент		
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 23 квітня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При-мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	30.04.2024 р.	
2.	Розділ 1.	14.05.2024 р.	
3.	Розділ 2.	28.05.2024 р.	
4.	Розділ 3.	11.06.2024 р.	
5.	Розділ 4.	25.06.2024 р.	
6.	Розділ 5.	24.09.2024 р.	
7.	Виконання ілюстративної частини роботи	23.10.2024 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	25.11.2024 р.	

Студент

(підпис)

Шацький А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Петриченко Є.А.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Шацький А.В. «Проектування слюсарно-механічної дільниці ремонтного цеху з розробкою технології відновлення вала відбору потужності коробки передач». Дипломна робота виконана на кафедрі агроінженерії Уманського національного університету садівництва у 2024 році. Пояснювальна записка містить 69 сторінок, включає 5 розділів, 14 рисунків, 20 таблиць, та 21 джерел літератури.

Метою роботи є аналіз та вдосконалення процесів відновлення вала відбору потужності коробки передач трактора з використанням різних технологій нанесення покриттів, а також оцінка критеріїв надійності. У першому розділі досліджено загально-технічні аспекти вибору матеріалу для відновлюваних деталей. Другий розділ присвячений технологічному процесу ремонту і відновлення валу, а також аналізу методів нанесення покриттів, зокрема електролітичного залізнення і наплавлення під флюсом.

У третьому розділі проводиться дослідження ефективності різних методів нанесення покриттів, включаючи математичні моделі зношування та надійності деталей.

Четвертий розділ присвячено охороні праці під час виконання ремонтних робіт. Розглянуто заходи для зниження ризиків, пов'язаних із процесами відновлення деталей.

У п'ятому розділі розглянуто економічну ефективність застосування різних технологій ремонту, проведено розрахунки трудомісткості процесів і витрат на матеріали.

Ключові слова: ремонт, відновлення деталей, коробка передач, наплавлення, електролітичне залізнення, надійність, сільськогосподарська техніка, економічна ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Обґрунтування вибору матеріалу для деталі.....	8
1.2 Характеристика відновленої поверхні отриманого покриття.....	9
1.3 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу.....	9
2 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	11
2.1 Моделі зношування сполучень деталей та визначення параметрівмоделей	11
2.2 Моделі та розрахунки надійності вузлів тертя.....	14
2.3 Кількісна оцінка якості нанесення покриттів за критеріяминадійності.....	15
2.4 Комплексна оцінка ефективності критеріїв надійності заметодом експертних оцінок	25
3 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	27
3.1 Розробка організаційно-аналітичних рішень	27
3.1.1 Технологічний процес дефектування валу заднього валу відбору потужності трактора.....	27
3.1.2 Способи відновлення дефектів валу заднього ВВП	28
3.1.3 Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення валу,або основної робочої поверхні валу заднього ВВП трактора	34
3.1.4 Розробка технологічного процесу відновлення валу заднього ВВП.....	36
3.1.5 Обґрунтування вибору технологічного устаткування, ріжучого,вимірювального і контрольного інструментів	38
3.1.6 Розроблення маршруту і технології відновлення валу заднього ВВП	40
3.1.7 Визначення норми часу відновлення валу заднього ВВП заприйнятим способом.....	42
3.1.8 Організація виконання робіт на гальванічній дільниці	42
3.1.9 Розрахунок трудомісткості ремонтних робіт на дільниці повідновленню задніх валів відбору потужності	43
3.1.10 Режими роботи дільниці і розрахунок річних фондів часу.....	44
3.2 Розробка конструкторських рішень	45
3.2.1 Обґрунтування необхідності модернізації пристосування дляпровертання валів при наплавленні шліців	45
3.2.2 Обґрунтування і розробка конструкції пристосування для провертання валів при наплавленні шліців	46
3.2.3 Основні розрахунки конструктивних елементів пристосуваннядля провертання	

валів при наплавленні шліців	47
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	53
4.1 Заходи безпеки праці на ділянці	53
4.2 Організація та структура цивільної оборони на об'єкті	55
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	60
5.1 Розрахунок робочої сили і робочих місць.....	60
5.2 Розрахунок кількості робочих місць на ділянці	62
5.3 Розрахунок площ ділянки.....	63
5.4 Економічний ефект від модернізації пристосування для провороту валів	63
ВИСНОВОК.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67

ВСТУП

Ремонт – це сукупність робіт, спрямованих на усунення несправностей машин або їх окремих частин для відновлення працездатності техніки. Ремонт машин виконується на спеціалізованих машиноремонтних підприємствах, які є різновидом машинобудівних і здійснюють ремонт відповідно до технічних умов (ТУ).

Організаційно-економічна основа цих процесів передбачає:

- виконання всіх заявок на ремонтно-обслуговуючі роботи в максимально короткі терміни, з використанням сучасних ремонтних технологій;
- оперативне усунення несправностей без заміни деталей через обмінний фонд, а шляхом відновлення зламаних елементів із забезпеченням їх подальшої працездатності та надійності;
- зацікавленість працівників ремонтних підрозділів у якісному та своєчасному виконанні робіт через мотиваційні заходи.

Відновлення зношених деталей є важливою складовою як технологічного, так і економічного процесу, що базується на замовленнях підприємств та приватних власників. Особливу увагу слід приділяти створенню єдиного плану ремонтних робіт та послуг у регіоні, що дозволить оптимізувати їх розподіл і забезпечить раціональне використання ресурсів ремонтної бази. Такий план допоможе збалансувати обсяги ремонтних робіт з результатами автотранспортного виробництва і матеріально-технічним забезпеченням. Основою обсягів робіт повинні бути нормативи, які визначають витрати на технічне обслуговування і ремонт одиниці обладнання, його ресурс і міжремонтний інтервал.

Розширення обсягів виробництва і послуг ремонтних підприємств слід здійснювати в першу чергу через впровадження сучасного ремонтно-технологічного обладнання.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Обґрунтування вибору матеріалу для деталі

Сталь 38ХГС є легованою хромо-сірчаномарганцевою сталлю. Основною метою легування є підвищення міцності матеріалу. Легуючі елементи збільшують здатність сталі до загартовування, покращують її корозійну стійкість, жаростійкість і жароміцність, а також впливають на теплостійкість, магнітні та електромагнітні властивості. Ці елементи можуть розчинятись у фериті та аустеніті, змінюючи їх властивості, або утворювати карбіди (сполуки з вуглецем), які подрібнюють зерно сталі, перешкоджають його росту під час нагрівання та підвищують зносостійкість матеріалу.

Легуючі елементи також впливають на температуру гартування й відпуску, а також зменшують критичну швидкість загартовування. Хімічний склад сталі 38ХГС такий: 0,35-0,42% вуглецю, 0,8-1,1% хрому, 0,8-1,2% марганцю та 0,9-1,2% сірки. Кожен з легуючих елементів впливає на властивості сталі окремо: хром (Cr) утворює карбіди, подрібнює зерно і може забезпечувати корозійну стійкість (при вмісті понад 12%); марганець (Mn) утворює карбіди і сприяє зростанню зерна під час високотемпературного нагрівання; сірка (Si) не утворює карбідів, але надає сталі пружність.

Сталі типу хромансил, зокрема 25ХГС, 30ХГС та 38ХГС, відомі своєю високою міцністю і хорошими зварювальними властивостями. Вони широко використовуються у вигляді листів та труб для важливих зварних конструкцій. Для підвищення механічних властивостей ці сталі піддають покращенню або ізотермічному гартуванню на нижній бейніт, що також знижує їх чутливість до надрізів. Однак слід враховувати, що сталям типу хромансил властиві зворотна відпускна крихкість і безвуглець при підігріванні.

При застосуванні високоміцних сталей, таких як 38ХГС, необхідно враховувати їхню чутливість до концентраторів напружень, особливо після процесів звичайного гартування та відпускання. Високоміцні сталі можуть демонструвати крихколамкість, що обумовлюється насиченням воднем (наприклад, у процесах гальванічного покриття або травлення), а також піддаються корозії під впливом напруги.

Щодо матеріалу для відновлення зношеної різьби валу, пропонується використання легованого дроту, що наплавляється відкритою дугою, марки ПП-АН121. Після наплавлення цього дроту можна досягти твердості поверхні на рівні 280 НВ, що забезпечить необхідну міцність та зносостійкість деталі.

1.2 Характеристика відновленої поверхні отриманого покриття

Після нанесення захисного покриття методами електролітичного залізнення та наплавлення на вал заднього вала відбору потужності (ВВП) трактора, відновлена деталь матиме характеристики, подібні до нового вала. Незважаючи на те, що відновлена поверхня за своїми властивостями майже не відрізняється від нової, її ресурс було підвищено.

Посадочна поверхня під підшипник (4) після відновлення набуде тих самих властивостей, що й нова поверхня після термічної обробки. Для посадочних поверхонь під підшипники (2, 5) та поверхні під сальник (6) вдалося отримати поверхні, близькі до нових. Щодо різьбової поверхні (1) та шліцьових поверхонь (3,7), після наплавлення вони набули підвищеної зносостійкості. Це зумовлено наявністю карбідів хрому (Cr) та марганцю (Mn), які забезпечили високу міцність, зносостійкість і міцне зчеплення цих поверхонь. Хром і марганець також виконали функцію розкислювачів, сприяючи видаленню оксиду заліза (FeO) із зварного з'єднання, що призвело до високого коефіцієнта зчеплення. Хром забезпечив стійкість до корозії, а разом з марганцем додатково зміцнив поверхню кавітаційно, особливо гальванічне покриття.

Хімічний склад нанесеної поверхні залишився таким самим, як і до процесу залізнення. Твердість ділянки (4) залишилася незмінною на рівні 50 HRC, тоді як твердість ділянок (1, 2, 3, 5, 6) може змінитися з похибкою у 15–20 НВ, що не вплине на загальні властивості поверхні. Завдяки кавітаційному зміцненню деталі, ймовірність утворення пористості значно знизилася. Ділянка (4) матиме структуру мартенситу та залишкового фериту, а ділянки (1, 2, 3, 5, 6) — аустенітну структуру.

1.3 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу

Задачі роботи:

1. Оцінити технології відновлення та зміцнення деталей сільськогосподарської техніки різними методами.

2. Розглянути методи порівняльного аналізу критеріїв надійності деталей.
3. Проаналізувати критерії надійності відновлення деталей.
4. Визначити комплексну оцінку ефективності критеріїв надійності деталей сільськогосподарської техніки.
5. Зробити комплексну оцінку для порівняння технологій відновлення.

2 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Моделі зношування сполучень деталей та визначення параметрів моделей

Вивчення зовнішнього вигляду зношених поверхонь надає первинну інформацію про механізм зношування (див. рис. 2.1). У поєднанні з даними про силові, кінематичні та інші умови процесу механізм зношування дозволяє зробити висновок про вид зносу.

Кожному виду зносу відповідає своя модель зношування. Модель зношування — це, зазвичай, диференціальна залежність інтенсивності зносу u_w в певній точці від різних факторів, таких як тиск σ , швидкість V , температура T тощо.

На першому етапі основною розглядається залежність інтенсивності зносу від тиску. Наприклад, для сталого зносу ця залежність має вигляд:

$$\frac{du_w}{dS} = k_w \sigma^m, \quad (2.1)$$



Рис. 2.1 – Схема визначення моделі зношування пари тертя

Визначення параметрів моделі зношування є центральним етапом будь-якої методики розрахунків на знос (див. рис. 2.1). Точність визначення цих параметрів має вирішальне значення для точності розрахунків зносу вузлів тертя.

Визначення параметрів моделі є важливою задачею трибології. Відомі спроби аналітичного непрямого визначення цих параметрів, що ґрунтуються на інших параметрах, визначених експериментально. Рекомендується проводити визначення параметрів моделі (k_w , m) шляхом прямих експериментів на знос, використовуючи два види випробувань: традиційне, при постійному перерізі зразка, і більш ефективне — при змінному перерізі.

При лабораторних випробуваннях на знос можуть бути використані різні схеми, такі як "клин-площина", "куля-площина", "циліндр-площина", "перехресні циліндри" тощо. Вибір конкретної схеми залежить від наявності зразків потрібної форми і відповідних методик.

Методики визначення параметрів моделей на основі результатів випробувань зразків із змінним перерізом ґрунтуються на рішенні контактних задач із урахуванням зносу для відповідної пари тертя. Параметри моделей, визначені під час випробувань зразків змінного перерізу, виявляються чутливими до точності визначення зносу під час експерименту.

Оцінку точності визначення параметрів можна здійснити за допомогою теорії сенситивів. У разі відсутності точних даних про параметри моделей і неможливості проведення лабораторних випробувань, можна скористатися даними про параметри, наведеними в довідниках, в першому наближенні.

Моделі та розрахунки вузлів тертя на знос (детерміновані моделі) складаються з кількох елементів. Розрахунки — це чисельні реалізації моделей (див. рис. 2.2). Моделі зносу вузлів тертя є кінцевими залежностями, які описують знос вузла тертя в залежності від усіх або основних факторів, що впливають на знос. Як правило, моделі є результатом розв'язання відповідних математичних задач.

Диференціальні або інтегральні рівняння, що описують процеси зношування вузла тертя, виводяться на основі трьох основних рівнянь:

1. Рівняння моделі зношування в точці — описує залежність інтенсивності зносу від різних факторів у конкретній точці.
2. Рівняння суцільності в контакті — визначає умови, які повинні виконуватись у межах зони контакту між тертьовими парами.

3. Рівняння рівноваги – відображає баланс сил, що діють на вузол тертя.

Точні рішення цих диференціальних або інтегральних рівнянь зазвичай виявляються складними. Тому на практиці використовують:

– Наближені аналітичні методи – дозволяють отримати спрощені, але достатньо точні рішення.

– Чисельні методи – використовуються для розв'язання диференціальних і інтегральних рівнянь, коли аналітичні рішення неможливі або занадто складні.

Практичне використання наближених рішень вимагає обов'язкової оцінки їхньої точності. Строго математична оцінка точності наближених рішень часто є більш складною, ніж знаходження точного розв'язку рівнянь. У таких випадках експериментальна оцінка точності рішень стає основною, реальною та необхідною.

Таким чином, для забезпечення точності моделей зношування важливо проводити експерименти, що дозволяють підтвердити або спростувати отримані теоретичні результати, а також постійно вдосконалювати методи вимірювання і оцінки.

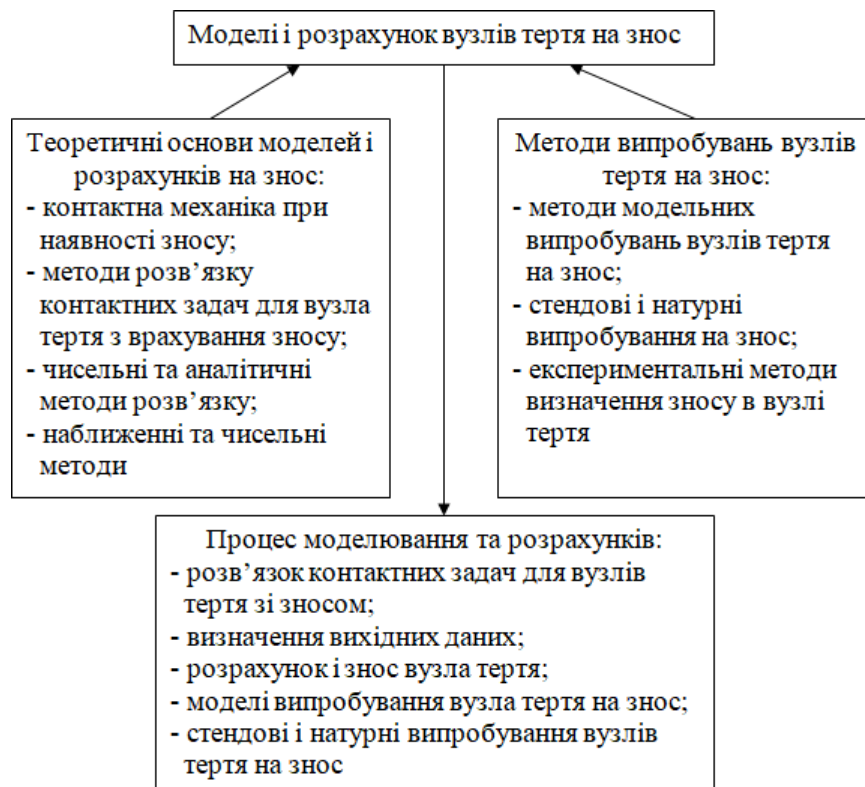


Рис. 2.2 – Схема визначення моделі і розрахунків вузла тертя на знос

Експерименти з вузлами, що піддаються навантаженню, зазвичай¹⁴ ускладнені через їх великі розміри та неможливість створити всі необхідні умови. Основним способом оцінювання точності моделей зношування тертя є випробування реальних вузлів у лабораторних умовах. Така техніка випробувань вимагає від експериментатора не лише високого рівня кваліфікації, а й глибоких знань методів математичного моделювання процесів.

2.2 Моделі та розрахунки надійності вузлів тертя

1. Матеріали є неоднорідними та постійно змінюються з часом, що призводить до випадкового характеру стану в кожній точці матеріалу. Випадковість механічних властивостей і зовнішніх умов, які впливають на машини та їхні вузли, зумовлює випадковий характер відмов. Такі процеси описуються теорією надійності (рис. 2.3).

2. Створення моделі надійності полягає у знаходженні функції розподілу ймовірностей відмов. Відмови можуть бути як міцнісні, так і трибологічні. У даному випадку мова йде про трибологічні відмови, тобто відмови через зношування.

3. Якщо наявна детермінована модель зносу вузла тертя при нормальному розподілі відмов, задача моделювання зводиться до:

- визначення дисперсії випадкових величин, які впливають на процес зносу;
- визначення дисперсії зносу вузла тертя як випадкової величини.

4. Теоретично обчислена надійність, яка враховує допущення, прийняті під час побудови моделі зносу, є наближеною, тобто оцінковою. У разі необхідності точної оцінки зносу для відповідальних вузлів потрібні експериментальні випробування на надійність.

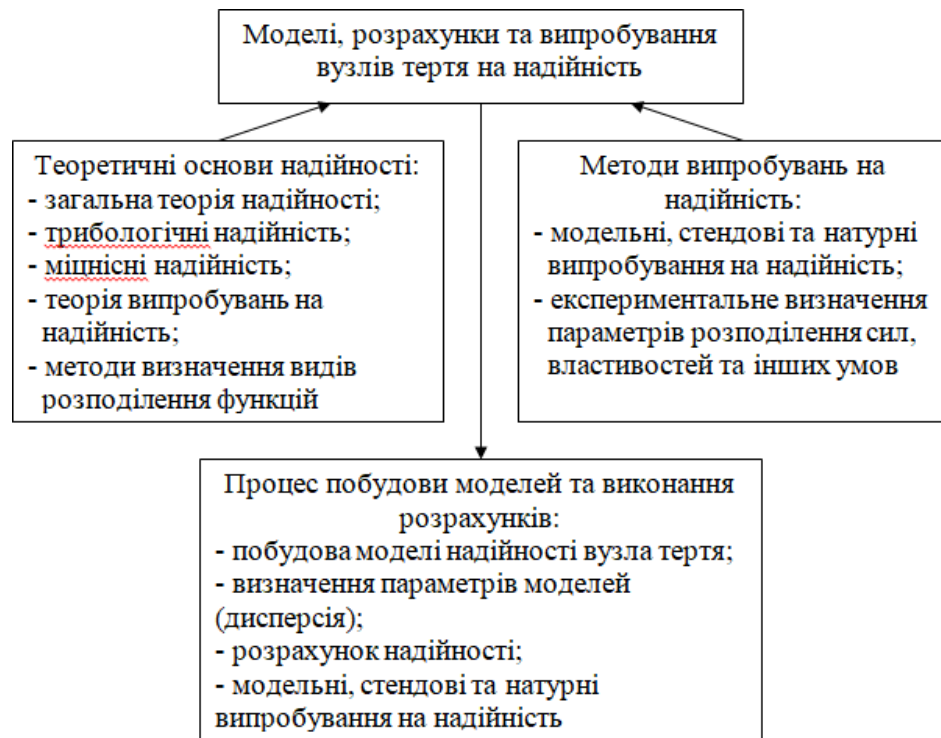


Рис. 2.3 – Схема моделей і розрахунків вузла тертя на надійність

1. Випробування на надійність вузлів тертя передбачає тестування достатньої кількості таких вузлів. Однак, через обмеження, часто неможливо провести випробування необхідної кількості вузлів згідно з вимогами теорії надійності. У таких випадках виконують оцінкові випробування на обмеженій кількості вузлів із подвійною оцінкою ймовірності, іншими словами, визначають ймовірність безвідмовної роботи вузла у визначений час.

2. Вузли тертя можуть виходити з ладу через зношування, втрату міцності, порушення умов змащення, підвищену температуру, схоплювання, корозійні процеси (наприклад, фретінг-корозію) тощо. Отже, необхідно, по-перше, оцінити надійність за всіма можливими видами відмов, а по-друге, об'єднати ці ймовірності в одну загальну, яка і буде визначати надійність вузла тертя.

3. Основною метою розрахунків і випробувань вузла тертя є оцінка його якості з урахуванням додаткових вимог, таких як вартість, безпека, екологічність, естетичність тощо. Оцінка якості є окремою складною задачею, що потребує особливого підходу.

2.3 Кількісна оцінка якості нанесення покриттів за критеріями надійності

Якість будь-якого виробу визначається сукупністю властивостей, таких як відповідність призначенню, надійність, вартість, естетичність, екологічність

тощо. Кожна з цих властивостей має свої кількісні критерії. Головним критерієм¹⁶ надійності є ймовірність безвідмовної роботи протягом заданого часу або функція розподілу ймовірності роботи виробу до моменту відмови. Похідною від функції розподілу є щільність розподілу ймовірностей.

В рамках даного дослідження об'єктом виступають машини, а предметом – рівень технологій відновлення та якість виробів після їх відмови. Головним завданням у вдосконаленні машин є розробка нових технологій, що спрямовані на підвищення якості, зокрема міцності, зносостійкості та надійності як нових, так і відновлених виробів.

Не менш важливим є створення методів оцінки якості виробів, виготовлених за новими технологіями. Ці методи зазвичай ґрунтуються на випробуваннях, що визначають службові властивості та характеристики виробів, такі як міцність, зносостійкість і надійність деталей машин.

Під час проведення випробувань, деталі тестуються до повного завершення їхньої роботи або до моменту відмови. Одна з головних властивостей матеріалів – їх статистична неоднорідність, що призводить до значного розкиду терміну служби до відмови. Кожна технологія виготовлення певного типу виробів може бути описана через функцію розподілу ймовірностей відмов при статистичних випробуваннях.

Таким чином, порівняння двох технологій, наприклад, первинної заводської та технології відновлення деталей під час ремонту, зводиться до порівняння відповідних функцій розподілу відмов.

Зазвичай рішення цієї задачі в математиці є неоднозначним. Для вирішення таких проблем вивчаються інтегральні методи порівняння функцій розподілу ймовірності відмов.

Критерії надійності (якості) відновлення. Надійність сільськогосподарської техніки (СГТ) сьогодні потребує підвищення не лише через конструктивні, технологічні та експлуатаційні заходи, але й шляхом розробки теоретичних і методичних підходів для оцінки її показників. Керування надійністю СГТ є ключовою проблемою в системі технічного обслуговування та ремонту машинного парку.

Оцінка зносостійкості ускладнена через значний вплив випадкових факторів на якість виробу. Властивості матеріалів, технологічні процеси їхньої

17
 обробки, стан поверхонь, результати випробувань, а також діючі навантаження — усі ці чинники мають як середнє значення, так і випадкову складову. При детермінованій оцінці якості, тобто оцінці за середніми значеннями, можливі ситуації, коли фактична поведінка вузла тертя відрізняється від очікуваної. Наприклад, під час порівняння двох методів, при нормальному законі розподілу властивостей, лише половина випадків будуть відповідати середнім очікуванням. Якщо спосіб А в середньому кращий за спосіб В у певну кількість разів (n), то це означає, що знос деталей, виготовлених за способом А, менший за знос деталей, виготовлених за способом В. Однак у багатьох інших випадках (заштрихована область на рис. 2.4) спосіб А може виявитися гіршим за спосіб В. Це не враховується при детермінованих оцінках і може призводити до непередбачуваних відмов у процесі експлуатації.

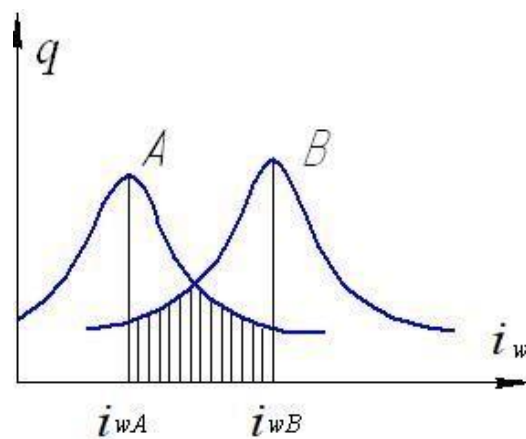


Рис. 2.4 – Схема ефекту накладання хвостів розподілів

Іншою причиною розбіжностей між реальними результатами експлуатації та прогнозованими ресурсами може бути так званий "ефект ножиць" (рис. 2.5). Якщо випробування на знос проводилися лише в зоні І за умов малих значень шляху тертя S або тиску σ , можна дійти висновку, що метод В є ефективнішим за метод А, і $\frac{u_{WB}}{u_{WA}} = n$. Однак, при проведенні випробувань за умов більшого тиску або довшого шляху тертя, результати можуть бути протилежними.

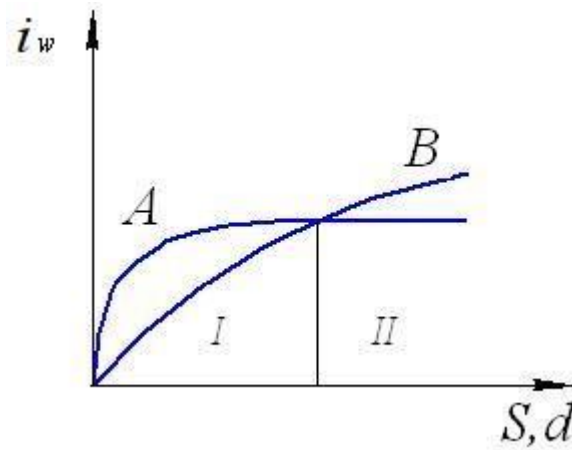


Рис. 2.5 – Схема "ефекту ножиць"

Отже, зрозуміло, що без застосування моделей процесів зношування та їх аналізу, без відповідних розрахунків і випробувань, оцінка ефективності різних технологій та методів підвищення зносостійкості може бути недостовірною. Розрахунки на знос ґрунтуються на математичних моделях процесів зношування в системах тертя. Завдяки наявності таких моделей стає можливим аналіз впливу різноманітних факторів на надійність.

Під час проектувальних розрахунків використання моделей дає можливість визначати параметри конструкції, які забезпечують мінімальний знос і максимальну надійність у заданих умовах, що сприяє створенню оптимальної конструкції. Крім того, розрахунки дозволяють виявляти слабкі місця в конструкції та визначати шляхи її вдосконалення.

Таким чином, поєднання розрахунків із випробуваннями є потужним інструментом для покращення вузлів тертя.

Метод перетину щільностей. Інтеграл перетину щільностей Нехай відомі ймовірнісні розподіли відмов нових $f_N(t_N)$ і відновлених $f_R(t_R)$ деталей (див. рис. 2.6).

З перетину лівої гілки $f_N(t_N)$ та правої гілки $f_R(t_R)$ функцій стає очевидно, що, незважаючи на те, що $t_R < t_N$, існує ймовірність того, що час напрацювання до відмови відновлених виробів може бути більшим за час напрацювання до відмови нових виробів. Розглянемо надійність нових виробів порівняно з відновленими або визначимо перевагу нових виробів у порівнянні з відновленими.

Запровадимо випадкову величину Δt , що визначається як різниця між часом напрацювання до відмови нової та відновленої деталей.

$$\Delta t = t_N - t_R \quad (2.2)$$

Умовою того, що наробіток до відмов нових виробів буде більше¹⁹ наробітку до відмови відновлюваних є співвідношення $t_N - t_R \geq 0$.

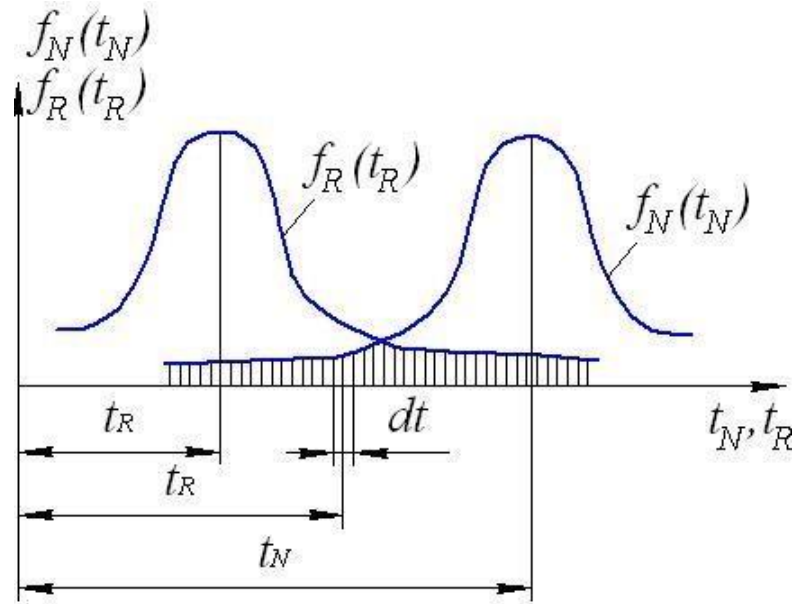


Рис. 2.6 – Схема перехрещення щільностей розподілення ймовірностей
відмов

У відповідності з поняттям надійності відновлення

$$F = F(t_R^* \geq t_N^*), \quad (2.3)$$

З графіків щільностей розподілу (рис. 4.6) можна зробити висновок, що шукана надійність визначається площиною, утвореною перехрещенням гілок функцій $f_N(t_N)$ та $f_R(t_R)$.

Розглянемо інтервал d_t у зоні перекриття гілок.

Ймовірність на інтервалі d_t буде дорівнювати добутку ймовірностей двох подій, тобто

$$dp = f_R(t_R) \cdot \int_{t_R}^{\infty} f_N(t_N) dt_N. \quad (2.4)$$

Ймовірність того, що наробіток на відмову нової деталі t_N перевищує наробіток до відмови відновлених деталей t_R для всіх можливих сполучень умов (для всіх осей наробітків) визначається інтегральним вираженням

$$P(\Delta t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_R(t_R) \left[\int_{t_R}^{\infty} f_N(t_N) dt_N \right] dt_R \quad (2.5)$$

Антологічними міркуваннями, фіксуючи t_N^* і змінюючи t_R можливо отримати аналогічну формулу:

$$P(\Delta t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_N(t_N) \left[\int_{-\infty}^{t_N} f_R(t_R) dt_R \right] dt_N \quad (2.6)$$

За допомогою інтервалу (2.5) можливо визначити ймовірність перевищення однієї величини над іншою. Виходячи із вищенаведеного, в подальшому будемо називати інтеграл перетину щільностей інтегралом перевищення або ймовірністю перевищення однієї величини над іншою.

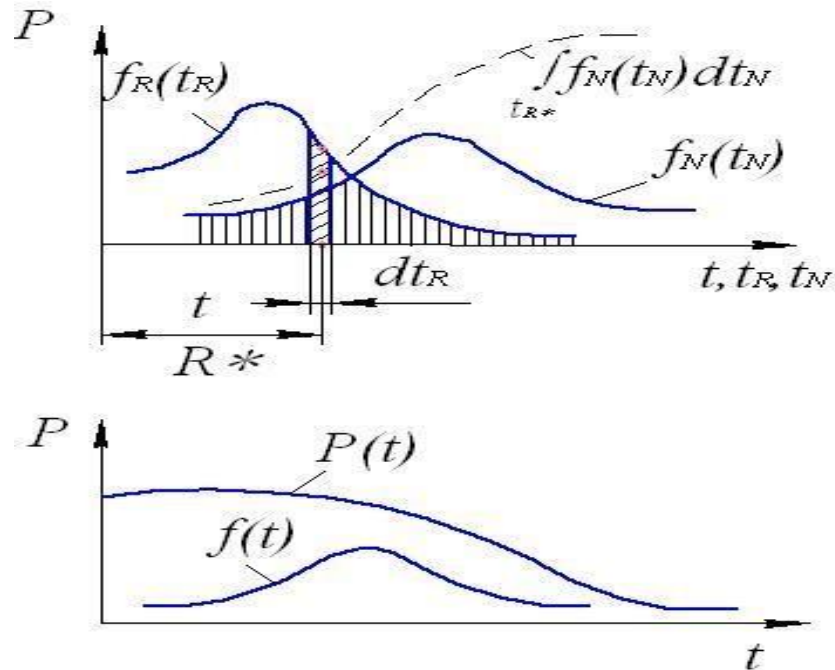


Рис. 2.7 – Схема для інтеграла перехрещення розподілень
Інтеграл перетину щільностей у формі згортки.

Розглянемо суму (або різницю) двох незалежних випадкових величин, таких як t_R та t_N . Інтеграл перетину щільностей для цих випадкових величин можна представити у вигляді згортки щільностей їхніх ймовірностей. Це дозволяє обчислити ймовірність того, що напрацювання до відмови відновлених деталей буде більшим або меншим за напрацювання до відмови нових деталей.

$$\Delta t = t_R + t_N \quad (2.7)$$

У теорії ймовірності називають композицією.

Якщо відомі щільності розподілень $f_N(t_N)$ та $f_R(t_R)$, тоді в наслідок їх незалежності щільність ймовірності величини Δt в точках t_R і t_N дорівнює добутку:

$$f(t_R, t_N) = f_R(t_R)f_N(t_N), \quad (2.8)$$

а щільність ймовірності величини Δt для всього діапазону величин t_R і t_N рівна:

$$f(\Delta t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_N(t_N)f_R(\Delta t - t_N)dt_N, \quad (2.9)$$

або

$$f(\Delta t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_N(\Delta t - t_N) f_R(t_R) dt_R, \quad (2.10)^{21}$$

Функція розподілення імовірності величини Δt визначається за допомогою інтеграла:

$$F(\Delta t) = \int_{-\infty}^{\Delta t} [\int_{-\infty}^{\infty} f_N(t_N) f_R(\Delta t - t_N) dt_N] d(\Delta t), \quad (2.11)$$

або

$$F(\Delta t) = \int_{-\infty}^{\Delta t} [\int_{-\infty}^{\infty} f_N(\Delta t - t_R) f_R(t_R) dt_R] d(\Delta t), \quad (2.12)$$

Наведеними вище є інтеграли типу згортки. Інтеграл перетину щільностей дозволяє визначити відносну надійність процесу відновлення, тобто надійність відновлених виробів у порівнянні з новими.

Позначимо $F(\Delta t)$ як ймовірність того, що напрацювання відновлених виробів перевищить напрацювання нових, а величину $P(\Delta t) = 1 - F(\Delta t)$ – як ймовірність того, що напрацювання нових виробів буде більшим. Першим варіантом критерію надійності (або якості) відновлення можна вважати ймовірність чи надійність перевищення $F = (t_R \geq t_N)$. Нормування функції F здійснюється шляхом ділення на величину $F(t_R = t_N)$. Однак, деяка незручність у використанні цього критерію полягає в тому, що коли середні значення напрацювань для нових і відновлених деталей однакові ($t_R = t_N$) надійність перевищення буде не 1, а лише 0,5.

Поділимо відносну надійність відновлення на величину надійності при рівності середніх наробіток до відказу нових та відновлюваних деталей: $F(\bar{t}_R = \bar{t}_N)$.

$$K_F = \frac{F(\bar{t}_R \geq \bar{t}_N)}{F(\bar{t}_R = \bar{t}_N)}, \quad (2.13)$$

при цьому величина $F(\bar{t}_R = \bar{t}_N)$ залежить тільки від виду розподілення і є постійною величиною для різних $F(\Delta t)$. Це суттєвий недолік критерію. Коефіцієнт K_F є відносною надійністю якості відновлення.

Коефіцієнт відношення ймовірностей перевищення відновлюваних і нових деталей. Постає доцільним на основі функції відносної надійності відновлення $F(\Delta t)$ ввести критерій виду

$$K_{F/P} = \frac{F(\Delta t)}{1 - F(\Delta t)} = \frac{F(\Delta t)}{P(\Delta t)}, \quad (2.14)$$

Тобто відношення ймовірності перевищення напрацювання відновлених виробів до ймовірності перевищення напрацювання нових виробів.

У такому випадку, як і за критерієм відносної надійності якості відновлення, при рівності середніх напрацювань $\bar{t}_R = \bar{t}_N$, коефіцієнт якості відновлення буде дорівнювати одиниці. Проте для проміжних значень коефіцієнт K_F є більш чутливим до якості відновлення і краще відображає її суть.

Спроби зрівняти дві різні функції розподілу вимагають подання кожної з них одним числом. Таким числом може бути інтеграл від функції розподілу по всій області її існування.

- 1) Інтеграл від функції розподілу напрацювання до відмови відновлених виробів $F(t)$ на інтервалі від $-\infty$ до $+\infty$.

$$F_{RR} = \int_{-\infty}^{\infty} F_R(t) dt; \quad (2.15)$$

- 2) інтеграл від функції надійності

$$P_{NN} = \int_{-\infty}^{\infty} P_N(t) dt \quad (2.16)$$

Часткові точкові критерії оцінки надійності відновлення.

Як критерії надійності відновлення можуть використовуватися різні погоджені точки на двох заданих функціях надійності або функціях відмов, що відповідають певним співвідношенням (див. рис. 2.7).

$$K_{ti} = \frac{F_R(t_{Ri})}{F_N(t_{Ri})}, \quad (2.17)$$

$$K_{tF} = \frac{t_R(F_{Ri})}{t_N(F_{Ni})}, \quad (2.18)$$

або відповідно використовуючи функції надійності

$$K_P = \frac{P_R(t_{Ri})}{P_N(t_{Ni})}, \quad (2.19)$$

$$K_{tP} = \frac{t_R(P_{Ri})}{t_N(P_{Ni})}, \quad (2.20)$$

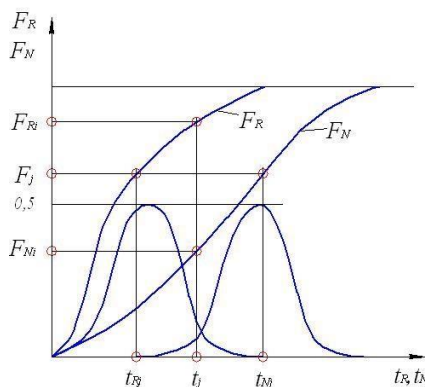


Рис. 2.7 – Точкові оцінки ймовірності перевищення

Найбільш простим і який часто використовується є критерій якості²³ відновлення як відношення середніх значень наробіток до відмови

$$K_t = \frac{(t_R)}{(t_N)} \quad (2.21)$$

Порівняльний аналіз можливих критеріїв. На основі викладеного можуть бути зроблені наступні висновки:

Доцільно розглянути далі наступні критерії.

Із порівняльного аналізу критеріїв випливає:

- головним вихідним критерієм надійності відновлення є імовірність $F(\Delta t)$ перевищення наробітку на відмову відновлених виробів над наробітком на відмову нових, яка дорівнює інтегралу (2.6) перехрещення функцій щільностей розподілення наробіток до відмови;

- з допомогою цього критерію можуть бути розраховані інші розглянуті критерії: 1) коефіцієнт якості відновлення або коефіцієнт перевищення K_F ; 2) коефіцієнт відношення ймовірностей перевищення і зниження $K_{F/p}$;

- за імовірністю перевищення F якості відновлюваних виробів F визначають число виробів N_R , наробіток яких до відмови t_R вище, ніж наробіток до відмови нових виробів ($t_R > t_N$)

$$N_R = N \cdot F(t_R > t_N), \quad (2.22)$$

де N – загальна кількість виробів.

Для практичного застосування є незручним той факт, що при повній ідентичності двох множин виробів N_R і N_N таких, що $\overline{t_R} = \overline{t_N}$, імовірність перевищення не дорівнює одиниці $F \neq 1$, наприклад, для нормального закону розподілу $F(\overline{t_R} = \overline{t_N}) = 0,5$.

Тобто, ми не можемо сказати, що гранична імовірність перевищення якості відновлення над якістю вироблення дорівнює одиниці.

Взагалі важко повірити в те, що наробіток на відмову відновлених виробів перевищить наробіток до відмови нових виробів, якщо відношення їх середніх значень менше одиниці $\overline{t_R}/\overline{t_N} < 1$.

Для того, щоб не отримувати великих значень ймовірностей перевищення

наробіток відроджених виробів при $\overline{t_R} < \overline{t_N}$, очевидно необхідно, щоб функції щільності розподілення відмов відроджених виробів мали суттєво несиметричний вигляд. Тобто мали нульовий коефіцієнт асиметрії в розподіленнях.

Ще краще, якщо розподілення $f_R(t_R)$ буде зрізаним з права в координаті $\overline{t_N}$ середнього значення наробітку до відмови нових виробів (рис. 2.8).

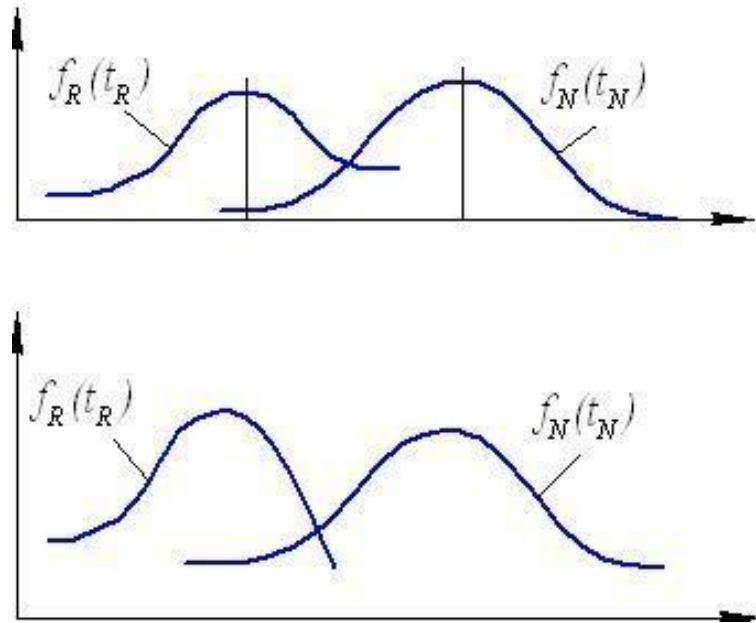


Рис. 2.8 – Види розподілень наробіток до відмов
Є достатньо інформаційним і чутливим критерієм відношення ймовірностей перевищення та зниження

$$K_{F/P} = \frac{F}{P}. \quad (2.23)$$

Відомо, що $\frac{f(t)}{P(t)} = \lambda(t)$,

Загальноприйнята інтенсивність відмови, це відношення кількості виробів ΔN , які відмовили на ділянці Δt до кількості виробів, які не вийшли з ладу до того часу $N(t)$

$$\lambda(t) = \frac{\Delta N}{\Delta t} \cdot \frac{1}{N(t)}. \quad (2.24)$$

Тому критерій $K_{F/P}$ можливо назвати інтегральною інтенсивністю відмов або інтегральною інтенсивністю перевищень.

2.4 Комплексна оцінка ефективності критеріїв надійності за методом експертних оцінок

Для того, щоб скласти уявлення про критерії надійності (якості) відновлення, зробимо чисельний аналіз для конкретних чисельних даних при коефіцієнті варіювання $V_R = V_N = 0,33$.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати чисельного розрахунку критеріїв

$n \cdot \frac{(\overline{t_N})}{(\overline{t_R})}$	u_P	$F(n)$	K_F	$K_{F/P}$	$K_- = \frac{(\overline{t_R})}{t} \cdot (\overline{t_N})$
0,0	3,03	0,999	1,998	999	∞
0,2	1,552	0,94	1,88	15,66	5,0
0,5	1,355	0,912	1,825	10,428	2,0
0,714	0,705	0,76	1,42	3,17	1,4
0,85	0,346	0,635	1,27	1,693	1,176
1,00	0,0	0,500	1,00	1,00	1,00
1,18	-0,353	0,34	0,681	0,516	0,848
1,50	-0,833	0,202	0,404	0,250	0,667
2,00	-1,355	0,089	0,177	0,097	0,50

Із розглянутої чисельної реалізації і аналізу критеріїв слідує:

При умові, що $\overline{t_R} = \overline{t_N}$, ймовірність того, що напрацювання до відмови відновлених деталей перевищить напрацювання нових, дорівнює $F=0,5$

З цього випливає, що коефіцієнт якості відновлення завжди вдвічі перевищує ймовірність такого перевищення.

$$K_F = 2 \cdot F. \quad (2.25)$$

При співвідношенні середніх напрацювань $\overline{t_R} = \overline{t_N} = 1$, коефіцієнт якості відновлення $K_F = (\overline{t_R} = \overline{t_N}) = 1$, а також коефіцієнт співвідношення перевищення і заниження також дорівнюють одиниці.

Як видно на (рис. 2.8), функція $K_{F/P}$ при $\overline{t_R} < \overline{t_N}$ дає менші значення коефіцієнтів, ніж функція K_F . Наприклад, при співвідношенні $\frac{t_R}{t_N} = 0,5$, коефіцієнти становлять: $K_F = 0,177$, $K_{F/P} = 0,097$, і ці значення зростають удвічі при збільшенні відношення.

Важливо звернути увагу на наступне: в інтегралі ймовірності перевищення межі інтегрування для величини t_N охоплюють інтервал від $-\infty$ до $+\infty$. При цьому інтегрується лише щільність розподілу перевищень, і можна було б очікувати, що такий інтеграл дорівнюватиме одиниці. Однак це не так, оскільки інтегрується лише частина розподілу за умови $t_R > t_N$.

Інтеграл від функції розподілу (2.16) для нормального розподілу дорівнює середньому значенню напрацювання до відмови для відновленого виробу t_R , тобто $P_R = t_R$.

Таким чином, має місце цікавий факт для математичної статистики та надійності: інтеграл від функції надійності дорівнює середньому значенню напрацювання до відмови.

3 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка організаційно-аналітичних рішень

3.1.1 Технологічний процес дефектування валу заднього валу відбору потужності трактора

Технологічний процес дефектації та відновлення деталей є специфічним етапом, характерним виключно для ремонтного виробництва. Щоб оцінити технічний стан деталі, її піддають контролю та дефектації. При виконанні великих обсягів ремонту використовують маршрутну технологію відновлення компонентів.

Маршрут відновлення — це певна послідовність дій, обумовлена природною взаємозалежністю дефектів, спільністю технологічних рішень та їхньою ефективністю. Для кожного виявленого дефекту визначається послідовність операцій технологічного процесу відновлення.

Основні дефекти валу заднього валу відбору потужності наведені у таблиці 3.1.

Процес складання маршруту відновлення валу заднього валу відбору потужності трактора базується на групуванні подібних дефектів, використанні однакового обладнання для їх усунення, а також на спеціалізації робочих місць і виробничих ділянок. Враховується частота повторення дефектів і витрати на їх ліквідацію. На основі цього складаються можливі технологічні маршрути для відновлення валу заднього ВВП (табл. 3.2).

Таблиця 3.1 – Основні дефекти валу заднього ВВП трактора

Дефект	Розміри, мм			Висновок
	Номінальний	Допустимий без ремонту	Допустимий для ремонту	
Пошкодження різьби	—	—	—	Ремонтувати
Знос поверхні під підшипник 208	$40 \pm 0,008$	39,97	39,50	Ремонтувати
Знос шліців по	$5,37_{-0,070}^{-0,015}$	4,80	4,70	Ремонтувати

товщині				
Знос поверхні під сальники	$45_{-0,050}$	44,80	44,70	Ремонтувати
Знос поверхні під підшипник 310	$50 \pm 0,008$	49,97	49,50	Ремонтувати
Знос шліців по товщині	$6_{-0,120}^{-0,045}$	5,50	5,40	Ремонтувати
Знос поверхні під підшипник 209	$45 \pm 0,008$	44,97	44,50	Ремонтувати

Таблиця 3.2 – Маршрути відновлення валу заднього валу відбору потужності трактора

Номер та найменування дефекту	Номер маршруту		
	I	II	III
1. Пошкодження різьби	—	—	—
2. Знос поверхні під сальники	+	+	—
2. Знос шліців по товщині	—	—	+
4. Знос поверхні під підшипники	+	+	+

Вибрали маршрут № II.

3.1.2 Способи відновлення дефектів валу заднього ВВП

Найпоширенішими методами відновлення валу заднього валу відбору потужності (ВВП) є механізоване електродугове наплавлення під шаром флюсу та електролітичне нанесення шару заліза (насталювання).

Суть автоматизованого процесу наплавлення під шаром флюсу полягає в тому, що в зону горіння дуги (рис. 3.1) подається сипкий флюс, який складається з дрібних гранул. Під впливом високої температури частина флюсу плавиться, створюючи еластичний захисний шар навколо дуги, що надійно ізолює розплавлений метал від впливу кисню і азоту. Після переміщення дуги рідкий метал поступово твердне разом із флюсом, утворюючи на поверхні

наплавленого шару тендітну шлакову кірку. Нерозплавлений флюс може бути використаний повторно.

Цей метод наплавлення під шаром флюсу широко застосовується для відновлення різних деталей тракторів, автомобілів та сільськогосподарських машин.

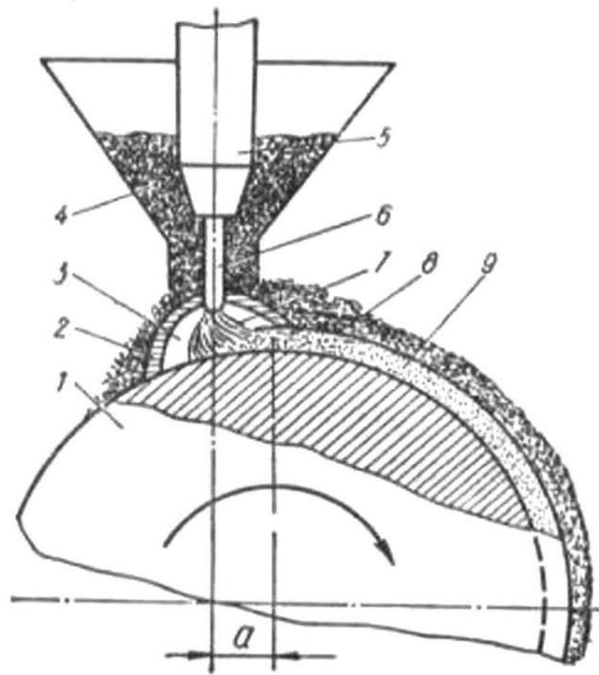


Рис.3.1 – Схема відновлення деталей типу вал наплавленням під шаром флюсу: 1 – наплавлена деталь; 2 – оболонка з рідкого флюсу; 3 – еластична оболонка; 4 – бункер з флюсом; 5 – мундштук; 6 – електрод; 7 – електрична дуга; 8 – шлакова кірка; 9 – наплавлений метал; а – величина зміщення дуги від зеніту.

Автоматичне наплавлення є найбільш ефективним, коли необхідно створити шар товщиною понад 3 мм. Така технологія особливо підходить для відновлення деталей ходової частини тракторів і сільськогосподарської техніки, таких як котки, цапфи, ролики та осі. Важливо уникати надмірного проплавлення, оскільки це може призвести до деформацій.

При електролізі товщина покриття на різних частинах деталі варіюється. Здатність електроліту забезпечувати рівномірну товщину покриття називається його розсіювальною здатністю. Вона залежить від розподілу силових ліній струму, які концентруються на виступах і краях катоду, що призводить до більшої товщини покриття на цих ділянках. Розсіювальну здатність можна покращити шляхом зміни складу електроліту. Наприклад, електроліти з низькою

концентрацією основної солі демонструють кращу розсіювальну здатність. Для рівномірного розподілу металу важливо також правильно підібрати розміри та розташування анодів щодо деталей.

Криюча здатність електроліту — це здатність покривати заглиблені ділянки деталі, і вона покращується зі збільшенням концентрації основної солі. У ремонтному виробництві широко використовуються процеси хромування та сталювання. Вони мають переваги перед наплавленням, дозволяючи наносити тонкі, рівномірні покриття з різною твердістю та зносостійкістю, не порушуючи структуру основного металу, оскільки він залишається практично холодним. Це також дає можливість одночасно відновлювати велику кількість деталей, що знижує витрати на ремонт.

Однак ці методи мають певні недоліки, такі як:

- складність і обсяг робіт при виконанні технологічних процесів;
- низька швидкість осадження хрому;
- зменшення втомної міцності деталей;
- забруднення довкілля виробничими відходами.

Ці недоліки обмежують ширше застосування таких методів у ремонтному виробництві, але потенціал покращення фізико-механічних властивостей гальванічного покриття залишається значним.

Електролітичне насталювання застосовується головним чином для відновлення зношених поверхонь та підвищення стійкості до механічного зносу. Для насталювання використовують розчини сірчаної, хлорної та борфтористоводневої кислот. Залізо, залишене на відкритому повітрі, швидко ржавіє, утворюючи шар бурого гідратованого оксиду заліза, що вимагає спеціальних заходів захисту.

Залізо окислюється, перетворюючись у сполуки Fe_3O_4 , Fe_2O_3 або FeO . У водних розчинах воно утворює іони двох валентностей: Fe^{2+} і Fe^{3+} , відповідно до чого формуються гідрати оксидів $\text{Fe}(\text{OH})_2$ і $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Електролітичний осад заліза відрізняється за своїми властивостями та структурою від заліза, отриманого в традиційних металургійних процесах. Ці зміни обумовлені особливостями катодного процесу осадження. Покриття, отримане при електролітичному осадженні заліза за високих температур,

низької густини струму і високої концентрації електроліту, характеризується гладкою, оксамитовою поверхнею сріблястого кольору, яка темніє при контакті з повітрям. При підвищенні густини струму покриття стає менш оксамитовим, з'являється слабкий блиск, а при достатньо високій густині струму покриття стає блискучим, збільшуючи свою твердість та міцність, але зменшуючи в'язкість.

У хлористих електролітах, залежно від концентрації солі (200-600 г/л), температури (25-100°C) та густини струму (2-140 А/дм²), можна отримати покриття з різною твердістю. Для забезпечення гарного зчеплення осаду з основним металом в хлористому електроліті при зниженій температурі використовують асиметричний змінний струм. Режим насталування визначається відношенням густини струму катодної та анодної стадій — параметр β . Оптимальний показник β для забезпечення якісного зчеплення становить 1,3 при густині струму катодного періоду 20 А/дм². Після 20-30 секунд витримки процес переходить у режим, при якому β підвищується до 6-9, що сприяє швидшому осадженню, підвищенню твердості та зносостійкості покриття.

Підготовка деталей до насталування:

Процес підготовки деталей до нанесення покриття включає наступні етапи:

- Промивання у 10%-му розчині каустичної соди при температурі 70°C;
- Промивання у гарячій воді;
- Електричне знежирення у ванні з електролітом, що складається з 65 г/л каустичної соди, 25 г/л кальцинованої соди, 15 г/л рідкого скла, при температурі 60-70°C і густині струму 10-15 А/дм². Якщо деталь є катодом — 1-2 хв., анодом — 2-3 хв.;
- Промивання у гарячій воді;
- Анодна обробка у 30%-му розчині сірчаної кислоти при кімнатній температурі з густиною струму 20-50 А/дм² і тривалістю 24 хв. Свинцеві пластини використовують як катоди, їх площа має перевищувати площу деталей в 2-4 рази;

- Промивання у холодній воді (поверхня деталей повинна бути світло-матовою без темних плям);
- Навішування деталей на катодний шланг з витримкою без струму протягом 0,5-1 хв.;
- Промивання в холодній, а потім у гарячій воді.

Швидкість осадження заліза при густині катодного струму 30 А/дм² досягає 11,7 мкм/хв з твердістю 6000 МПа.

Анодна обробка проводиться у розчинах, що містять 365 г/л 30%-го розчину сірчаної кислоти H_2SO_4 і 10-25 г/л сірчаноокислого заліза $FeSO_4 \cdot 7H_2O$. При обробці деталей на аноді за густини струму 60-70 А/дм² та температури 18-25°C, тривалість процесу складає 2-3 хв. Пластини зі свинцю або нержавіючої сталі використовуються як катоди.

Під час анодного розчинення на поверхні анодів утворюється нерозчинний шлам, до складу якого входять домішки, такі як вуглець, сірка і фосфор. Цей шлам забруднює електроліт і погіршує якість покриття. Для запобігання цьому аноди поміщають у чохли з кислотостійкого матеріалу, таких як склотканина. Внутрішня частина ванни облицьовується плитками з вуглеграфіту або антегміту марки АТМ-1, після чого заливають електроліт.

Електроліт виготовляється шляхом розчинення стружки низьковуглецевих сталей марок 10 і 20 у соляній кислоті до припинення виділення бульбашок газу. Перед цим стружку очищають від жиру у 10%-му розчині каустичної соди при температурі 80-90°C і промивають гарячою водою. Потім електроліт фільтрують через скловолокнисту тканину та додають соляну кислоту для подальшого використання.

Доводять його до питомої ваги 1,12. Кислотність його визначають за кольором (робочий електроліт повинен бути світло-зелений).

Насталювання починають при густині струму 1...5 А/дм², а потім збільшують її до заданого значення. В цей період на поверхні деталі формується суцільний шар покриття.

Хлорні електроліти забезпечують отримання густого мілко зернистого осаду товщиною 1...1,5 мм. (тверді) і до 3...5 мм. (м'які) з високими механічними властивостями і зносостійкістю, близькою до зносостійкості

загартованої сталі.

Важливими характеристиками електролізу являється:

- концентрація хлористого заліза;
- густина;
- кінематична в'язкість;
- гранична електропровідність.

На в'язкість електроліту впливають концентрація $\text{FeSe}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ і температура розчину.

З підвищенням концентрації $\text{FeSe}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ до 400 г/л величина граничної електропровідності підвищується і набуває максимального значення при даній концентрації. Подальше підвищення концентрації супроводжується зниженням електропровідності.

В практиці отримали розповсюдження чотири типи хлористих електролітів, які відрізняються по концентрації солі заліза:

I – мало концентрований (200...220 г/л);

II – середньо концентрований (400...450 г/л); III – висококонцентрований (600...680 г/л);

IV – середньо концентрований оптимальної концентрації (300...350 г/л).

Обробка після насталування включає наступні операції:

- промивання деталей гарячою водою;
- нейтралізація в 10%-му розчині каустичної соди при температурі 80...90°C тривалістю 30 хв.;
- промивання гарячою водою;
- демонтаж деталей з підвісних пристосувань;
- контроль якості покриття.

Покриття повинно бути гладким, без великої кількості бугрів, розривів та інших видимих дефектів. Хлорні електроліти володіють підвищеною агресивністю, тому сталювання проводиться в сталевих ваннах, внутрішня поверхня яких покривається вуглецево-графітними плитками з антегліта АТМ-1 на кислотостійкій замазці Арзаміт-4.

В порівнянні з хромуванням, процес насталування має наступні переваги:

- застосування простого і дешевого електроліту;

- більш висока розсіваючи здатність електроліту;
- високий вихід металу, який досягає 85...90%;
- більш низька вартість процесу.

3.1.3 Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення валу, або основної робочої поверхні валу заднього ВВП трактора

В методиці, що пропонується використовується, так званий інтегральний коефіцієнт, який визначається за формулою

$$K_i = K_z \cdot K_H \cdot K_{II} \cdot K_e, \quad (3.1)$$

Коефіцієнт застосування може приймати значення $K_z = 0; 0,1; \dots 0,9; 1,0$.

Коефіцієнт надійності залежить від багатьох факторів і може бути виражений наступною функціональною залежністю

$$K_H = f(K_{ZH} \cdot K_{ZЧ} \cdot K_{ВМ}), \quad (3.2)$$

Без обліку порівняльної продуктивності різних способів відновлення деталей не можливо правильно здійснити їх техніко-економічне оцінювання.

Продуктивність різних способів відновлення оцінюють виходячи з основного часу, що витрачається на відновлення даним способом однієї відновлюваної деталі, включаючи час на попередню механічну обробку, власне відновлення, попередню термічну обробку і наступну попередню механічну, термічну обробку і фінішну механічну обробку.

Остаточну оцінку обраного способу відновлення можна отримати лише після проведення його економічної оцінки. У цій методиці економічну оцінку проводитимемо за допомогою коефіцієнта економічності.

Припустимо, необхідно відновити поверхню під підшипник з діаметром 45 мм, виготовлений зі сталі марки 38ХГС, з твердістю поверхні HB 280-310, і зносом 0,03 мм. Для визначення оптимального способу відновлення складемо відповідну таблицю 3.2.

Як показано в таблиці 3.3, найраціональнішим способом відновлення валу є електролітичне залізнення, оскільки інтегральний коефіцієнт для цього способу становить 1,312.

Для визначення оптимальних методів усунення кожного дефекту згідно з обраним маршрутом виконується аналіз за наведеною вище методикою. Обрані способи відновлення (технології) порівнюються з методами, які використовуються на підприємстві при ремонті валу заднього ВВП. Результати порівняння подано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.3 – Визначення оптимального способу відновлення

Спосіб відновлення	Коефіцієнти						Інтегральний коефіцієнт
	Зносостійкість і	Зчеплення	Втомленої міцності	Продуктивності	Економічності	Застосування	
1	2	3	4	5	6	7	8
МЕДФ	1,2	0,9	0,7	1,4	1,5	0,8	1,27
ЕЛХ	1,8	0,9	0,9	0,3	1,5	0,9	0,656
ЕЛЗ	1,2	0,9	0,9	0,9	1,5	1,0	1,312
ХН	1,2	0,9	0,95	0,9	1,8	0,6	0,997
КК	0,5	0,65	1,0	1,6	1,8	0,8	0,749
КНД	1,2	0,9	0,85	1,5	1,6	0,4	0,881
КНС	1,2	0,9	0,85	1,7	1,8	0,3	0,843

Таблиця 3.4 – Способи відновлення дефектів валу заднього ВВП за прийнятим маршрутом відновлення

Назва дефекту	Спосіб відновлення	
	Базовий	Запропонований
Знос поверхні під сальник	Автоматичне наплавлення під шаром флюсу та обточування з шліфуванням під номінальний розмір	Електролітичне залізнення та шліфування під номінальний розмір
	Автоматичне наплавлення	

Знос поверхні під підшипники	під шаром флюсу та обточування з шліфуванням під номінальний розмір	Електролітичне залізнення та шліфування під номінальний розмір
---------------------------------	--	--

3.1.4 Розробка технологічного процесу відновлення валу заднього ВВП

Таблиця 3.5 – Операції ТП відновлення валу заднього ВВП за базовим варіантом

Номер операції	Назва операції і номер переходу	Зміст операції
005	Дефектувальна	Перевірка деталі на дефекти
010	Шліфувальна	Шліфувати поверхню під підшипник 208 з Ø39,97 до Ø39,5 мм
	Перехід 1	Шліфувати поверхню під підшипник 310 з Ø49,97 до Ø49,5 мм
	Перехід 2	Шліфувати поверхню під підшипник 209 з Ø44,97 до Ø44,5 мм
	Перехід 3	Шліфувати поверхню під сальник з Ø44,8 до Ø44,5 мм
015	Мийна	Промивання деталі
020	Наплавлювальна	Наплавлювати поверхню під підшипник 208 з Ø39,5 до Ø41 мм

	Перехід 1	Наплавлювати поверхню під підшипник 310 з Ø49,5 до Ø51 мм
	Перехід 2	Наплавлювати поверхню під підшипник 209 з Ø44,5 до Ø46 мм
	Перехід 3	Наплавлювати поверхню під сальник з Ø44,5 до Ø46 мм
025	Токарна	Точити поверхню під підшипник 208 з Ø41 до Ø40,5 мм
	Перехід 1	Точити поверхню під підшипник 310 з Ø51 до Ø50,5 мм
	Перехід 2	Точити фаску 1,5X45°
	Перехід 3	Точити поверхню під підшипник 209 з Ø46 до Ø45,5 мм
	Перехід 4	Точити поверхню під сальник з Ø46 до Ø45,5 мм
030	Термічна	Гартування відновлених поверхонь
035	Шліфувальна	Шліфувати поверхню під підшипник 208 з Ø40,5 до Ø40 мм
	Перехід 1	Шліфувати поверхню під підшипник 310 з Ø50,5 до Ø50 мм
	Перехід 2	Шліфувати поверхню під підшипник 209 з Ø45,5 до Ø45 мм
	Перехід 3	Шліфувати поверхню під сальник з Ø45,5 до Ø45 мм
040	Контрольна	Контроль якості відновлених дефектів

ТП відновлення валу заднього ВВП трактора за розробленою технологією представлена у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – ТП відновлення валу заднього ВВП трактора за розробленою технологією

Номер операції	Назва операції і номер переходу	Зміст операції
005	Дефектувальна	Перевірка деталі на дефекти
010	Шліфувальна	Шліфувати поверхню під підшипник 208 з Ø39,97 до Ø39,57 мм
	Перехід 1	Шліфувати поверхню під підшипник 310 з Ø49,97 до Ø49,57 мм
	Перехід 2	Шліфувати поверхню під підшипник 209 з Ø44,97 до Ø44,57 мм
	Перехід 3	Шліфувати поверхню під сальник з Ø44,8 до Ø44,4 мм
015	Мийна	Промивання деталі
20	Гальванічна	Вневання насталування поверхонь під підшипники та сальник
025	Шліфувальна	Шліфувати поверхню під підшипник 208 з Ø40,05 до Ø40 мм
	Перехід 1	Шліфувати поверхню під підшипник 310 з Ø50,05 до Ø50 мм
	Перехід 2	Шліфувати поверхню під підшипник 209 з Ø45,05 до Ø45 мм
	Перехід 3	Шліфувати поверхню під сальник з Ø45,05 до Ø45 мм
030	Контрольна	Контроль якості відновлених дефектів

3.1.5 Обґрунтування вибору технологічного устаткування, ріжучого, вимірювального і контрольного інструментів

Таблиця 3.7 – Вибір установочних баз ТП відновлення дефектів валу заднього ВВП

Номер операції	Назва операції	Установча база
005	Дефектувальна	—
010	Шліфувальна	Привальна площина

015	Мийна	—
020	Гальванічна	—
025	Шліфувальна	Привальна площа
030	Контрольна	—

Вибір технологічного обладнання для проведення технологічних операцій відновлення дефектів валу заднього ВВП за обраною технологією здійснюється за наступними критеріями:

- відповідністю основних розмірів обладнання розмірам деталі, яка відновлюється;
- відповідністю продуктивності обладнання річній програмі виробництва;
- мінімальній собівартості обробки;
- мінімальній витраті часу на обробку;
- необхідністю використання на виробництві обладнання.

При мало серійному та серійному ремонтному виробництві доцільно використовувати універсальне обладнання. Підбір ріжучого інструменту здійснюється за принципом досягнення оптимальних технологічних вимог (з врахуванням класу точності, чистоти обробки і найбільшої продуктивності).

Для ремонтного виробництва звичайно використовують універсальний вимірювальний інструмент, однак використання жорстких вимірювальних пристроїв (пробок, скоб, шаблонів) спрощує операції контролю та підвищує продуктивність праці.

Перелік устаткування, матеріалів, ріжучого та вимірювального інструментів для відновлення валу заднього ВВП трактора наведений в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Матеріали, ріжучий та вимірювальний інструмент для відновлення валу заднього ВВП трактора

Номер операції	Назва операції	Устаткування, матеріали, ріжучий та вимірювальний інструменти
005	Дефектувальна	Мікрометр МК-50-2 ГОСТ 6507-78, штангенциркуль ШЦ-11 -250-0,05 ГОСТ 166-80, калібр скоба 8111-03997Д

015	Мийна	Ванна для знежирення 2239 Ванна для травлення 418-02 Миючі засоби Лабомід 101, Лабомід 102 та розчин сірчаної кислоти H ₂ SO ₄
020	Гальванічна	Установка для залізнення 0013-039 –Ремдеталь», хлористе залізо – 200 г/л, йодистий калій – 20-30 г/л, сірчана кислота – 1 г/л, соляна кислота – 1,5 рН; температура електролізу – 18...30°C
010-025	Шліфувальна	Верстат круглошліфувальний 3Б151, круг шліфувальний 64С25СМ16К ГОСТ 2424-83, електрокорунд білий, зернистість 50, середньої твердості на керамічному зчепленні
030	Контрольна	Мікрометр МК-50-2 ГОСТ 6507-78, штангенциркуль ШЦ-11 -250-0,05 ГОСТ 166-80, калібр скоба 8111-03997Д

3.1.6 Розроблення маршруту і технології відновлення валу заднього

ВВП

Деталь: вал заднього валу відбору потужності трактора .

Номер за каталогом: 70.21.231-2.

Матеріал: сталь 38ХГС.

Таблиця 3.9 – ТП відновлення валу відбору потужності

Номер операції	Назва операції. Устаткування, матеріали, ріжучий та вимірювальний інструменти	Номер переходу	Зміст операцій
005	Дефектувальна Мікрометр МК-50-2 ГОСТ 6507-78, штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05 ГОСТ 166-80, калібр скоба 8111-03997Д	–	Перевірити деталь на існуючі дефекти

015	Мийна Ванна для знежирення 2239 Ванна для травлення 418-02 Миючі засоби Лабомід-101, Лабомід-102 та розчин сірчаної кислоти H ₂ SO ₄	—	Промити деталь розчином Лабоміт 101 та протравити сірчаною кислотою H ₂ SO ₄
020	Гальванічна Установка для залізнення 0013- 039 –Ремдеталь», хлористе залізо – 200 г/л, йодистий калій – 20-30 г/л, сірчана кислота – 1 г/л, соляна кислота – 1,5 рН; температура електролізу – 18...30°C	—	Начепити деталь на навіску та занурити у ванну з розчином
010-025	Шліфувальна Верстат круглошліфувальний 3Б151, круг шліфувальний 64С25СМ16К ГОСТ 2424-83, електрокорунд білий, зернистість 50, середньої твердості на керамічному зчепленні	Перехід 1 Перехід 2 Перехід 3 Перехід 4	Пошліфувати поверх- хню під підшипник 208 Пошліфувати поверх- хню під підшипник 209 Пошліфувати поверх- хню під підшипник 310
			Пошліфувати поверхню під сальник
030	Контрольна Мікрометр МК-50-2 ГОСТ 6507-78, штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05 ГОСТ 166-80, калібр скоба 8111-03997Д	—	Перевірити розміри відновлених поверхонь

3.1.7 Визначення норми часу відновлення валу заднього ВВП за прийнятим способом

Таблиця 3.10 – Норми часу відновлення валу заднього ВВП за прийнятим способом

Номер операції	Найменування операції	Основний час операції T_{oi} , хв.	Норма часу на кожну операцію T_{Hi} , хв.
005	Дефектувальна	7	10
010	Шліфувальна	1,19	34,5
015	Мийна	7	10,35
020	Гальванічна	33,84	53,9
025	Шліфувальна	1,35	34,65
030	Контрольна	7	10
Всього			153,4

3.1.8 Організація виконання робіт на гальванічній ділянці

Після розбирання та очищення деталей передається на відповідну ділянку. Тут вона проходить процес дефектації, під час якого здійснюється ретельний огляд і контроль геометричних розмірів. Перевірка виконується візуально, а також із застосуванням спеціальних приладів та інструментів.

Працівники, що працюють на гальванічному обладнанні, забезпечені спеціальним обладнанням та захисним одягом. Основне та допоміжне обладнання розташоване так, щоб забезпечити найкоротший шлях для переміщення деталей. На ділянці створені умови для безпечної роботи з агресивними хімічними речовинами та кислотами.

Після термообробки деталі перевіряються на твердість. Якщо твердість виявляється меншою за твердість нової деталі, її піддають додатковому загартуванню. Обладнання на ділянці розміщене таким чином, щоб мінімізувати відстані між операціями, а переміщення деталей відбувається відповідно до технологічного маршруту. Гальванічне та шліфувальне обладнання знаходиться поруч.

Наступним етапом є механічна обробка, яка включає як чорнове, так і

чистове шліфування. Після обробки деталь перевіряється на відповідність, після чого відправляється на комплектацію та інші технологічні операції.

3.1.9 Розрахунок трудомісткості ремонтних робіт на дільниці по відновленню задніх валів відбору потужності

Трудомісткість ремонту має відповідати останнім досягненням ремонтного виробництва, враховувати спеціалізацію виробництва, а також залежність між річною виробничою програмою і трудомісткістю на ремонт. Вона є одним із параметрів при проектуванні дільниці.

Використовуючи норми часу на виконання технологічних операцій відновлення деталі та перевіривши їх в години, отримуємо трудомісткість робіт на дільниці. Отримані дані заносимо до таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Назва операцій і трудомісткість робіт, які виконуються на гальванічній дільниці

Назва операцій, які виконуються на дільниці	Норма часу на виконання операції, год.
005 Дефектувальна	0,167
010 Шліфувальна	0,575
015 Мийна	0,173
020 Гальванічна	0,9
025 Шліфувальна	0,578
030 Контрольна	0,167
Всього	2,56

Знаючи програму ремонту на підприємстві, можемо визначити річну трудомісткість робіт за формулою

$$T = t \cdot N = 2,56 \cdot 2000 = 5120 \text{ люд-год.},$$

Для розрахунку основного обладнання і робочої сили необхідно поділити загальну трудомісткість ремонту по видам робіт. Роботи виконані на одному обладнанні сумуємо. Роботи виконанні на дільниці і трудомісткість перемножуємо на програму ремонту і отримані дані заносимо до таблиці 3.12.

Таблиця 2.12 – Розподіл трудомісткості ремонту за видами робіт

Види робіт, які виконуються на дільниці	Трудомісткість робіт, люд-год.
Дефектувальні	334
Шліфувальні	2306
Мийні	346
Гальванічні	1800
Контрольні	334
Всього	5120

3.1.10 Режими роботи дільниці і розрахунок річних фондів часу

Приймаємо режим роботи дільниці відновлення валу заднього валу відбору потужності:

Номінальний річний фонд часу визначаємо за формулою

$$\Phi_{H8} = D_p \cdot t_{3M} - D_{II}(t_{3M} - t_{II}) = 251 \cdot 8 - 4 \cdot (8 - 7) = 2004 \text{ год.};$$

$$\Phi_{H7} = D_p \cdot t_{3M} - D_{II}(t_{3M} - t_{II}) = 251 \cdot 7 - 4 \cdot (7 - 6) = 1753,$$

Дійсний річний фонд часу роботи робітників менше номінального річного фонду на час витрат, пов'язаних з відпусткам, виконанням державних і громадських обов'язків визначається за формулою

$$\Phi_d = \Phi_H - (d_B + d_y + d_d + d_{\Gamma} + d_{IH}) \cdot t_{3M},$$

$d_B = 24$ дня для зварників, напилювачів, ковалів, термістів і малярів і

$d_B = 18$ днів для інших робітників;

$d_y = 10$ днів;

$d_d = 251 \cdot 0,016 = 4,0$ дня;

$d_{\Gamma} = 251 \cdot 0,003 = 0,75$ дня. Приймаємо 1 день.

$d_{IH} = 251 \cdot 0,005 = 1,25$ дня. Приймаємо 1 день.

Річний фонд для зварників, напилювачів, ковалів, термістів і малярів

$$\Phi_{d8} = 2004 - (24 + 10 + 4 + 1 + 1) \cdot 8 = 1684 \text{ год.}$$

$$\Phi_{d7} = 1753 - (24 + 10 + 4 + 1 + 1) \cdot 7 = 1473 \text{ год.}$$

Річний фонд для інших професій

$$\Phi_{d8} = 2004 - (18 + 10 + 4 + 1 + 1) \cdot 8 = 1732 \text{ год.}$$

$$\Phi_{d7} = 1753 - (18 + 10 + 4 + 1 + 1) \cdot 7 = 1515 \text{ год.}$$

Річний фонд часу робочого місця визначаємо за формулою

$$\Phi_{pm} = \Phi_H \cdot N_p \cdot c,$$

Приймаю $N_p = 1$ робітник або $N_p = 2$ робітника;

c – кількість змін роботи;

$$\Phi_{pm8} = 2004 \cdot 1 \cdot 1 = 2004 \text{ год.}$$

$$\Phi_{pm7} = 1753 \cdot 1 \cdot 1 = 1753 \text{ год.}$$

$$\Phi_{pm8} = 2004 \cdot 1 \cdot 2 = 4008 \text{ год.}$$

$$\Phi_{pm7} = 1753 \cdot 1 \cdot 2 = 3506 \text{ год.}$$

$$\Phi_{pm8} = 2004 \cdot 2 \cdot 2 = 8016 \text{ год.}$$

$$\Phi_{pm7} = 1753 \cdot 2 \cdot 2 = 7012 \text{ год.}$$

Річний фонд часу обладнання номінальний і дійсний визначаємо за формулою

$$\Phi_{OH} = \Phi_H \cdot c,$$

$$\Phi_{Oд} = \Phi_H \cdot c \cdot \eta,$$

$$\eta = 0,95;$$

$$\Phi_{OH} = 2004 \cdot 1 = 2004 \text{ год.}$$

$$\Phi_{OH} = 1753 \cdot 1 = 1753 \text{ год.}$$

$$\Phi_{OH} = 2004 \cdot 2 = 4008 \text{ год.}$$

$$\Phi_{OH} = 1753 \cdot 2 = 3506 \text{ год.}$$

$$\Phi_{Oд} = 2004 \cdot 1 \cdot 0,97 = 1944 \text{ год.}$$

$$\Phi_{Oд} = 1753 \cdot 1 \cdot 0,97 = 1701 \text{ год.}$$

$$\Phi_{Oд} = 2004 \cdot 2 \cdot 0,95 = 3808 \text{ год.}$$

$$\Phi_{Oд} = 1753 \cdot 2 \cdot 0,95 = 3331 \text{ год.}$$

3.2 Розробка конструкторських рішень

3.2.1 Обґрунтування необхідності модернізації пристосування для повертання валів при наплавленні шліців

Відновлення зношених шліців валів виконується наплавленням, на спеціальних установках або токарних верстатах, обладнаних наплавочними головками. Наплавлення виконується почергово з повздовжньою подачею. При

цьому вали, що відновлюється, встановлюють в центрах або в трьохкулачковому патроні, що самоцентрується, з підтисканням центром. При такому способі закріплення процес повороту деталі для наплавлення наступних шліців здійснюється вручну за допомогою ділильного диска. Недоліками даного способу закріплення є складність забезпечення необхідної точності установки деталі і великі витрати часу на поворот деталі.

З вище вказаного слідує, що необхідна модернізація механізму повороту деталі з метою усунення ручної праці і зниження витрат допоміжного часу.

3.2.2 Обґрунтування і розробка конструкції пристосування для повертання валів при наплавленні шліців

При модернізації пристосування в якості приводної ланки застосовуємо пневматичний привід, як найбільш доступний і економічний, а також храпове зачеплення, що дозволяє проводити поворот заготовки на визначений кут.

Поворотний пристрій складається з корпусу, нижнього і верхнього поршнів, штока-рейки, фіксатора, упорного гвинта, храпового колеса, ділильного диска, верхньої і нижньої пружин повернення, затискних пристроїв: патрона і заднього центра, які утримують деталь. Схема поворотного пристрою пристосування наведена на рисунку 3.2.

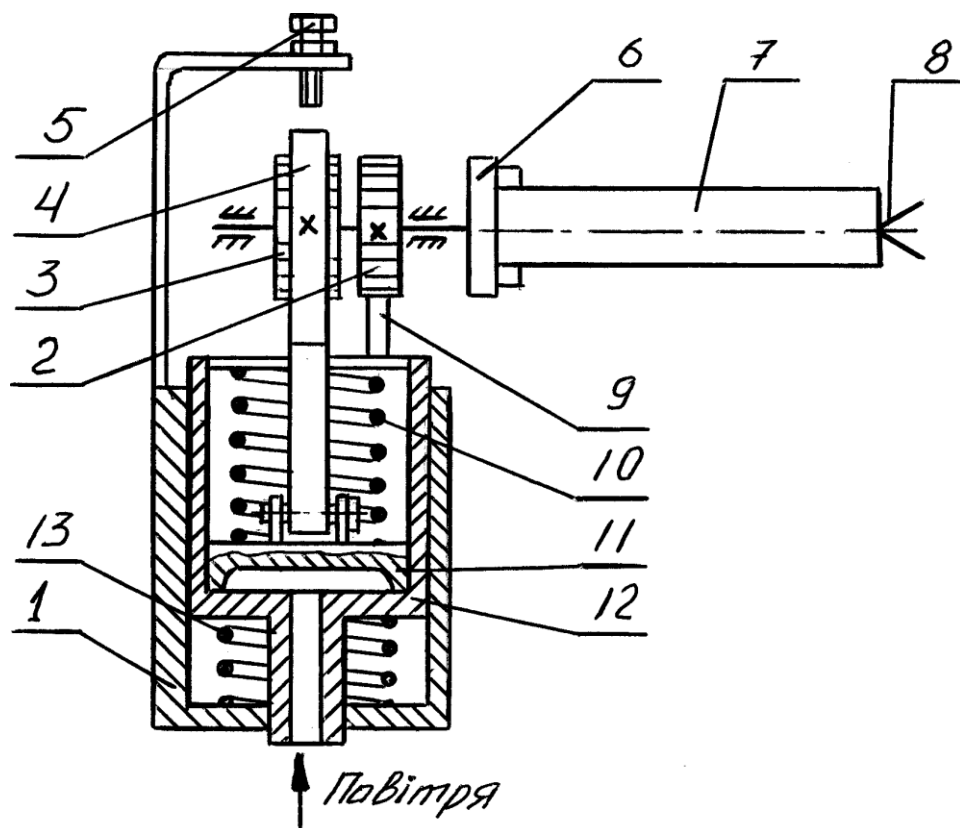


Рисунок 3.2 – Схема поворотного механізму

1 – корпус; 2 – диск ділильний; 3 – колесо храпове; 4 – шток-рейка; 5 – упорний гвинт; 6 – патрон; 7 – деталь; 8 – центр задній; 9 – фіксатор; 10 – пружина верхня; 11 – поршень верхній; 12 – поршень нижній; 13 – пружина нижня.

До особливостей конструкції пристосування слід віднести також те, що верхній поршень має шарнірне закріплення зі штоком-рейкою, що дозволяє здійснювати відхилення штока-рейки при поверненні поршнів у вихідне положення. Шток-рейка займає робоче положення за рахунок підпружиненого пальця, який також усуває зазори в храповому з'єднанні.

Робота пристосування заключається в тому, що при подачі стиснутого повітря виникає опускання нижнього поршня і вихід фіксатора з пазаділильного диска. Далі проходить підйом верхнього поршня зі штоком-рейкою, зубці якої входять в зачеплення з зубцями храпового колеса. Упорний гвинт обмежує хід верхнього поршня на кут поділки поворотної частини, що сидить на валу кріпильного патрона. Після відсікання і випуску стиснутого повітря поршні під дією зворотних пружин займуть вихідне положення, а фіксаторувійде в новий паз ділильного диска.

Таким чином виникає автоматичний поворот і фіксація деталі при наплавленні шліців.

3.2.3 Основні розрахунки конструктивних елементів пристосування для повертання валів при наплавленні шліців

Конструкція пристосування розроблена на основі габаритних і приєднувальних розмірів шліцьових валів, що відновлюються. Основні розміри механізму повороту прийняті виходячи з конструктивних міркувань, а найбільш навантажені деталі перевірені розрахунками. В якості вихідних даних приймаємо:

- найбільша маса вала з деталей, що відновлюються – 15 кг;
- найбільша довжина вала – 600 мм;
- найбільший діаметр вала – 9 мм;
- ширина шліців – 9 мм;
- кількість шліців – 10 шт;
- діаметр поршня пневмоциліндра – 30 мм;
- діаметр початкового кола храпового колеса – 36 мм;

- номінальний тиск повітря – 0,4 МПа.

Працездатність механізму або можливість повороту валу, що відновлюється, буде можлива тоді, коли активний обертовий момент, прикладений до храпового колеса $M_{кр}$, буде перебільшувати або дорівнювати моменту опору повороту, тобто моменту сил тертя $M_{тр}$.

$$M_{кр} \geq M_{тр}$$

Активний обертовий момент можна визначити за формулою 3.3.

$$M_{кр} = F_t \frac{d_x}{2}, \quad (3.3)$$

Визначаємо силу тиску на штоку-рейці робочого пневмоциліндра

$$F_t = q \frac{\pi \cdot d_{ц}^2}{4} \eta$$

$$F_t = 0,4 \frac{3,14 \cdot 30^2}{4} 0,9 = 254 \text{ Н}$$

Підставивши значення сили тиску на штоку-рейці в формулу (3.3) визначимо активний обертовий момент

$$M_{кр} = 254 \frac{36}{2} = 4572 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Момент сил тертя можна представити як суму моментів тертя на опори валу, що відновлюється, який представляє як балку на двох опорах, а в якості зовнішньої сили приймаємо величину маси вала. Реакції опор вала:

$$R_1 = R_2 = \frac{Q}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ Н}$$

Момент сил тертя має наступний вигляд

$$M_{тр} = M_1 + M_2 = R_1 \cdot f_1 \cdot \frac{d_1}{2} + R_2 \cdot f_2 \cdot \frac{d_2}{2}, \quad (3.4)$$

Підставивши значення у вираз (3.4) знаходимо значення моменту сил тертя

$$M_{тр} = 75 \cdot 0,2 \cdot \frac{25}{2} + 75 \cdot 0,15 \cdot \frac{50}{2} = 468,75 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

В результаті розрахунку отримали те, що $M_{кр} > M_{тр}$, що підтверджує повну працездатність механізму повороту.

Розміри храпового зачеплення приймаємо конструктивно по рекомендаціям:

- число зубців храпового колеса, $z = 12$ шт;
- модуль храпового колеса, $m = 3$ мм;
- крок зачеплення, $t = 9,42$ мм;
- висота зуба, $h = 3$ мм;
- ширина зуба храпового колеса, $B = 6$ мм;
- ширина зуба штока-рейки, $B_1 = 10$ мм;
- кут повороту храпового колеса на один зуб, $\alpha = 30^\circ$.

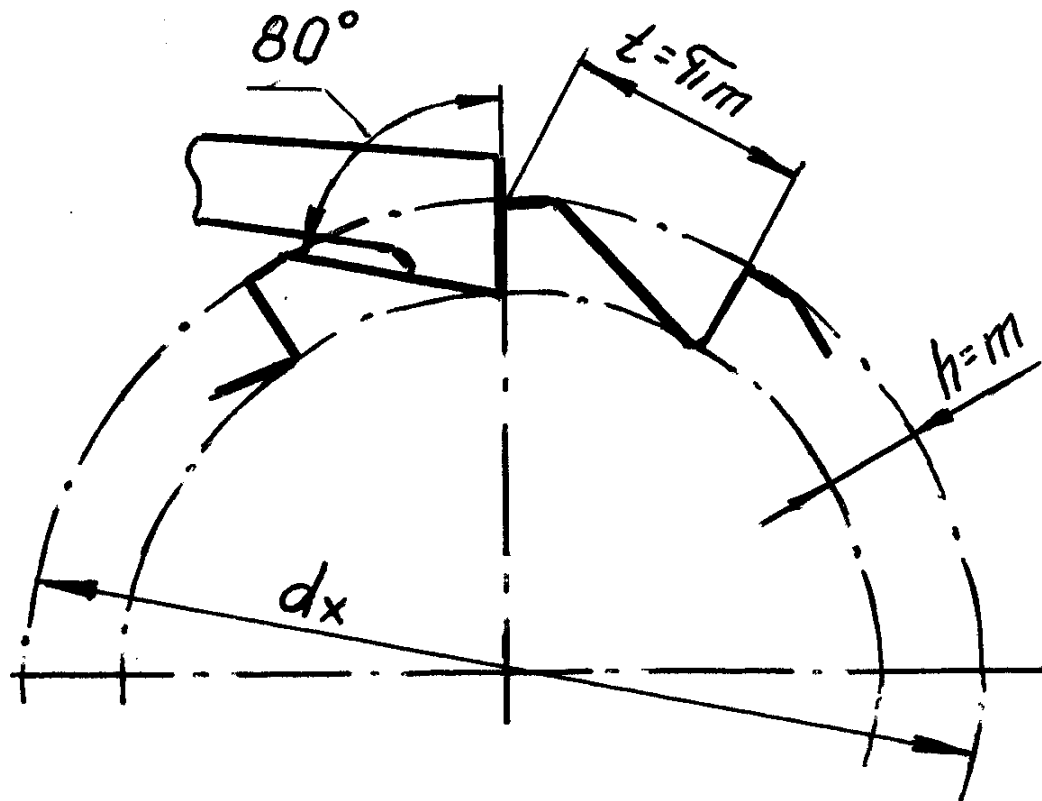


Рисунок 3.3 – Схема храпового зачеплення
Проводимо перевірку міцності зуба храпового колеса по згину

$$\sigma_{зг} = \frac{5,36 \cdot M_{кр}}{z \cdot \psi \cdot m^3} = \frac{5,36 \cdot 4572}{12 \cdot 2 \cdot 3^3} = 37,8 \text{ Н/мм}^2$$

Храпове колесо і шток-рейку виготовляємо з сталі 45 ГОСТ 1050-88 з наступною цементацією і загартуванням зубців. Допустиме напруження згину після термообробки складає $[\sigma] = 120 \text{ Н/мм}^2$.

Таким чином $\sigma_{зг} < [\sigma]_{зг}$ і міцність зубців храпового колеса буде

забезпечена.

Проводимо перевірку міцності зуба храпового колеса по питомому лінійному тиску

$$q = \frac{2M_{кр}}{m \cdot B \cdot z} = \frac{2 \cdot 4572}{3 \cdot 6 \cdot 12} = 42,3 \text{ Н/мм}^2.$$

Допустимий питомий тиск на одиницю довжини зуба складає $[q]=45\text{Н/мм}^2$, отже отримуємо $q < [q]$ і міцність зуба храпового колеса буде забезпечена.

Проводимо перевірку міцності зуба штока-рейки, прийнявши до уваги випадок, коли сила тиску прикладена до вершини зуба. Виконуємо схему навантаження зуба штока-рейки, представлену на рисунку 3.4.

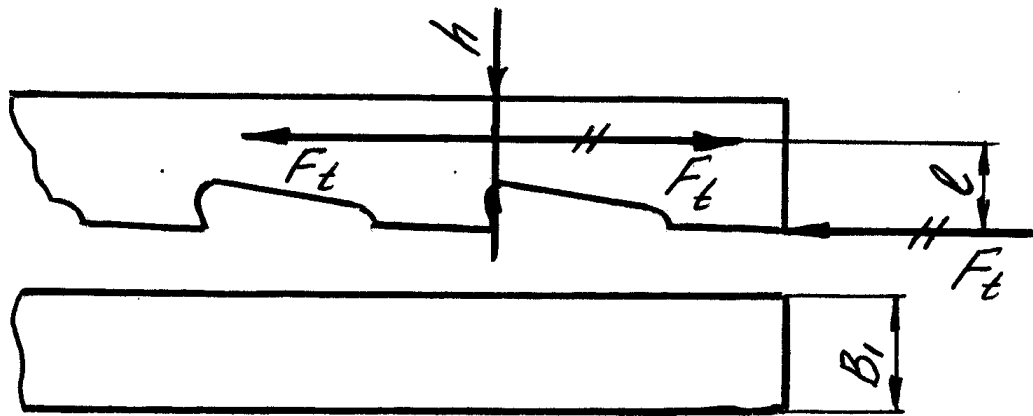


Рисунок 3.4 – Схема навантаження зуба штока-рейки

У середній частині небезпечного перерізу прикладаємо дві рівні, але протилежно спрямовані сили F_t , тоді утворюється згинальний момент $M_{зг} = F_t \cdot l$ та стискаюча сила F_t . Сумарні напруження визначаються як алгебраїчна сума згинальних і стискаючих напружень.

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_{зг} + \sigma_{ст} = \frac{M_{зг}}{W} + \frac{F_t}{B_1 \cdot h}, \quad (3.5)$$

Визначаємо момент опору згину

$$W = \frac{b_1 \cdot h^2}{6} = \frac{10 \cdot 6^2}{6} = 60 \text{ мм}^3,$$

Підставивши значення у вираз (3.5) знаходимо сумарне напруження

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{254 \cdot 3,5}{60} + \frac{254}{10 \cdot 6} = 19,05 \text{ Н/мм}^2.$$

В якості допустимих напружень приймаємо $[\sigma]_{\text{зг}} = 120 \text{ Н/мм}^2$, отже маємо $\sigma_{\Sigma} < [\sigma]_{\text{зг}}$ і міцність зуба штока-рейки буде забезпечена.

Пружина нижнього поршня призначена для того, щоб фіксатор входив в паз ділильного диска при відсутності стиснутого повітря в порожнині циліндра і тим самим фіксував деталь у визначеному положенні.

Визначаємо зовнішню силу, яка не буде перешкоджати переміщенню фіксатора в паз ділильного диска

$$P_1 = k \cdot Q_{\text{п}} = 1,5 \cdot 25 = 37,5 \text{ Н},$$

Знаходимо силу, яка необхідна для виводу фіксатора з пазу ділильного диска в залежності від сили тиску на штоку робочого пневмоциліндра

$$P_2 = \kappa_1 \cdot F_t = 0,3 \cdot 254 = 76,2 \text{ Н},$$

Виходячи з конструктивних міркувань приймаємо:

- діаметр дроту пружини, $d = 4 \text{ мм}$;
- зовнішній діаметр пружини, $D = 36 \text{ мм}$;
- крок пружини у вільному стані, $t = 6 \text{ мм}$;
- величина робочого ходу, $h = 5 \text{ мм}$;
- довжина пружини при дії зовнішньої сили, $H_2 = 40 \text{ мм}$.

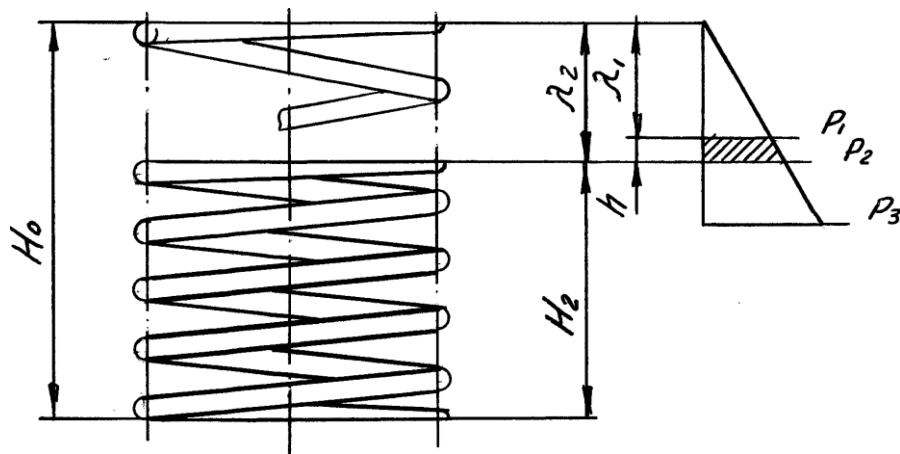


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема пружини

Визначаємо навантаження пружини при стисканні її до торкання витків з відношення

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_3}{P_2}$$

Перетворивши вираз отримаємо

$$P_3 = P_2 \frac{P_2}{P_1} = 76,2 \frac{76,2}{37,5} = 154,8 \text{ Н}$$

Знаходимо крок пружини при навантаженні P_2

$$t_2 = t - \frac{P_2}{P_3}(t - d) = 6 - \frac{76,2}{154,8}(6 - 4) = 5,02 \text{ мм}$$

Визначаємо довжину пружини у вільному стані

$$H_0 = n \cdot t + d = 7,17 \cdot 6 + 4 = 47,02 \text{ мм}$$

Приймаємо $H_0 = 48 \text{ мм}$.

Знаходимо деформацію пружини під дією навантаження P_1

$$\lambda_1 = H_0 - (H_2 + h) = 48 - (40 + 5) = 3 \text{ мм}$$

Розраховуємо деформацію пружини під дією навантаження P_2

$$\lambda_2 = \lambda + h = 3 + 5 = 8 \text{ мм}$$

Перевіряємо міцність витків пружини на кручення по формулі (3.6)

$$\tau = \frac{8 \cdot P_3 \cdot k \cdot D}{\pi \cdot d^3} \leq [\tau], \quad (3.6)$$

Визначаємо коефіцієнт, що враховує кривизну витків

$$k = 1,0 + 1,4 \frac{d}{D} = 1,0 + 1,4 \frac{4}{36} = 1,16$$

Підставивши отримане значення коефіцієнт у вираз (3.6) визначаємо робоче напруження

$$\tau = \frac{8 \cdot 154,8 \cdot 1,16 \cdot 36}{3,14 \cdot 4^3} = 257,3 \text{ Н/мм}^2.$$

Допустиме напруження приймаємо $[\tau] = 560 \text{ Н/мм}^2$, отже маємо $\tau < [\tau]$ і умова міцності виконується.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Заходи безпеки праці на дільниці

Класифікація лазерів значно полегшує визначення необхідних заходів безпеки. На практиці, стандарти та кодекси лазерної безпеки передбачають суворіші заходи контролю для кожного вищого класу лазерів.

Перше правило лазерної безпеки: **ніколи не дивіться на лазерний промінь!** Запобігаючи потраплянню лазерного променя чи його відбиттів в очі, можна уникнути болючих або навіть засліплюючих травм.

В ідеалі, лазер та його промінь повинні бути повністю закриті, щоб уникнути потенційної небезпеки. Якщо на робочому місці використовуються тільки лазери класу 1, безпека гарантована. Проте в багатьох випадках це неможливо, тому працівники мають бути підготовлені до безпечного використання лазерів і заходів контролю небезпеки.

Крім основного правила — **не спрямовувати лазер на людину**, для лазерів класу 2 інші заходи контролю зазвичай не потрібні. Однак для лазерів вищих класів необхідні додаткові заходи безпеки.

Якщо неможливо повністю закрити лазери класу 3 або 4, то за допомогою променевих корпусів (наприклад, труб), дефлекторів (екранів) або оптичних заслонів можна мінімізувати ризик небезпечного опромінення очей.

У випадку, коли закриття лазерів класу 3 або 4 неможливе, необхідно створити контрольовану зону з обмеженим доступом. В межах зони номінальної небезпеки (NHZ) лазерного променя обов'язкове використання засобів захисту для очей.

У дослідницьких лабораторіях, де використовуються колімаційні лазерні промені, зона номінальної небезпеки (NHZ) охоплює всю контрольовану лабораторію. Проте для пристроїв із сфокусованим променем NHZ може бути значно обмеженою і не охоплювати всю кімнату.

При роботі з лазерами обов'язковим є використання спеціальних окулярів для захисту від лазерного випромінювання. Захисні окуляри необхідні навіть для лазерів потужністю 15 мВт, оскільки без них очі швидко втомлюються. Важливо пам'ятати, що звичайні сонцезахисні окуляри не забезпечують належного захисту!

Ступінь захисту окулярів вимірюється в одиницях оптичної щільності (OD – Optical Density). Оптична щільність показує, наскільки сильно окуляри послаблюють світло. Наприклад, OD 1 означає, що світло зменшується в 10 разів, OD 3 – у 1000 разів, а OD 6 – в мільйон разів. Для лазерів видимого спектру окуляри повинні знижувати потужність променя до рівня, відповідного класу II (максимум близько 1 мВт). Для невидимих лазерів — чим більша оптична щільність, тим краще.

Від червоних і деяких інфрачервоних лазерів ефективно захищають вітчизняні окуляри марки ДТ-22 СЗ-С22. Вони схожі на зварювальні окуляри, але з синім склом.

Класичний метод оцінки професійного ризику базується на формулі, запропонованій у британському стандарті BS-8800.

$$R = P \cdot S,$$

Нехай імовірність події буде:

A – висока;

B – середня;

C – низька.

Тяжкість наслідків розподілимо таким чином: I – аварія, загибель потерпілого;

II – важка травма;

III – легка травма.

Тоді категорія ризику буде: 1 – дуже низькою;

2 – низькою;

3 – середньою;

4 – високою;

5 – дуже високою (таблиця 4.1). У таблиці 4.1 показані тяжкість

наслідків та ймовірність події, за яких визначають професійний ризик.

Таблиця 4.1 - Тяжкість наслідків та ймовірність події, за яких визначають професійний ризик

Тяжкість наслідків	Ймовірність події		
	А висока	В середня	С мала
I. Велика	5 дуже високий ризик неприпустимий	4 високий ризик неприпустимий	3 середній ризик припустимий
II. Середня	4 високий ризик неприпустимий	3 середній ризик припустимий	2 низький ризик припустимий
III. Мала	3 середній ризик припустимий	2 низький ризик припустимий	1 дуже низький ризик припустимий

З таблиці 5.1 видно, що рівень ризику підвищується пропорційно збільшенню ймовірності події і тяжкості наслідків. На підставі цієї таблиці встановлюється категорія ризику, а за необхідності – вживаються запобіжні заходи.

Робітник при лазерній наплавці працює без захисних окулярів. Це може призвести до ураження очей, після чого можуть бути хворобливі стани з виснажливими болями і почне формуватись катаракта. Тяжкість наслідків – велика (I), ймовірність події висока (A). За таблицею 4.1 визначаємо категорію ризику (5 – дуже високий ризик, неприпустимий). Отже, запланована робота не може бути розпочата до встановлення огороження.

4.2 Організація та структура цивільної оборони на об'єкті

Об'єкти господарської діяльності, такі як виробничі підприємства (державні та приватні), організації та установи, є ключовими осередками, де в повній мірі вирішуються завдання цивільної оборони (ЦО). Мета ЦО на таких об'єктах полягає в забезпеченні заходів для зменшення ризику виникнення

надзвичайних ситуацій (НС), захисту працівників та інших груп населення, а також у проведенні рятувальних та інших невідкладних робіт у разі виникнення НС.

Основною задачею цивільної оборони на об'єктах є підготовка до захисту працівників в умовах надзвичайних ситуацій як мирного, так і воєнного часу. На ЦО об'єкта покладені такі завдання:

1. **Оповіщення працівників** у разі загрози стихійного лиха, катастроф чи воєнних дій.
2. **Забезпечення захисними спорудами** працюючого персоналу та підтримка цих споруд у стані постійної готовності.
3. **Реалізація заходів для забезпечення стійкості роботи об'єкта** в мирний час.
4. **Створення і підтримка в готовності сил ЦО** для реагування на надзвичайні ситуації.

Начальником ЦО об'єкта є його керівник, який відповідає за захист персоналу та, на небезпечних об'єктах, населення, що проживає в зоні ризику. Начальник підпорядковується керівництву відомства, до якого належить об'єкт, та начальнику ЦО державного органу на місцевому рівні.

Обов'язки начальника ЦО включають:

- Організацію роботи ЦО та керівництво нею.
- Координацію роботи комісій, що відповідають за цивільний захист працівників.
- Організацію евакуації та розосередження працівників і членів їх сімей у випадку НС.
- Забезпечення готовності захисних споруд і їх належної експлуатації.
- Забезпечення стійкості функціонування об'єкта як у мирний, так і в воєнний час.
- Підготовку і підтримку сил ЦО в постійній готовності.
- Забезпечення зв'язку, оповіщення та управління, а також розробку плану ЦО об'єкта.
- Організацію навчання працівників і населення, яке проживає поблизу об'єкта.

- Керівництво аварійно-рятувальними роботами.

На великих об'єктах додатково призначаються:

- Заступник начальника ЦО з питань евакуації та розосередження працівників.
- Заступник з інженерно-технічної частини.
- Заступник з матеріально-технічного забезпечення.

На всіх об'єктах створюється штаб ЦО, який складається з працівників об'єкта. Завдання штабу включають:

- Розробку та коригування планів дій для запобігання та ліквідації НС.
- Підтримку готовності сил ЦО для дій у зонах масового ураження та стихійних лих.
- Організацію розвідки та забезпечення зв'язку з органами управління ЦО.
- Розгортання і переміщення пунктів управління та їх охорону.
- Координацію діяльності сил ЦО в зонах НС.

Матеріально-технічне забезпечення, охорона громадського порядку, організація сховищ і укриттів, аварійно-технічне обслуговування, транспортне забезпечення, медична допомога, а також заходи протирадіаційного та протихімічного захисту. Залежно від особливостей об'єкта, можуть бути створені й інші служби цивільної оборони, такі як забезпечення продовольством, водопостачання тощо.

Служба оповіщення та зв'язку формується на основі об'єктів зв'язку. Її основні завдання: оповіщення керівництва, командного складу, персоналу об'єкта та населення, що знаходиться поруч, про небезпеку аварій, катастроф, стихійних лих або надзвичайних ситуацій військового характеру; забезпечення зв'язку та підтримання його в постійній готовності; ліквідація наслідків аварій на об'єктах зв'язку та в зонах ураження.

Служба матеріально-технічного забезпечення створюється на основі відділу відповідного забезпечення об'єкта. До її обов'язків входить розробка плану постачання матеріалів і техніки, своєчасне забезпечення формувань необхідними засобами, організація ремонту техніки, постачання обладнання на

робочі місця, зберігання та облік майна, забезпечення працівників продовольством і предметами першої необхідності в місцях розосередження.

Служба охорони громадського порядку базується на основі служби охорони об'єкта. Вона відповідає за надійну охорону об'єкта, підтримання громадського порядку під час аварій, катастроф, стихійних лих, військових загроз та рятувальних операцій, а також допомогу у своєчасному укритті працівників згідно з сигналами цивільної оборони та контроль за світломаскуванням.

Служба сховищ та укриттів організовується на базі відділів капітального будівництва або житлово-комунальних служб. Її завдання включають розрахунок місткості сховищ для працівників та їхніх сімей, забезпечення їхньої готовності та належної експлуатації, організація будівництва найпростіших укриттів, забезпечення своєчасного заповнення сховищ за сигналом ЦО та участь у рятувальних роботах при завалах.

Аварійно-технічна служба формується на базі відповідного технічного відділу.

Механіка забезпечує проведення попереджувальних заходів, що підвищують стійкість основних споруд, спеціальних інженерних мереж та комунікацій у надзвичайних ситуаціях (НС). Це включає роботи з локалізації та ліквідації аварій, розбирання завалів та рятування людей. Транспортна служба формується на основі транспортних відділів, цехів і гаражів об'єкта. Вона розробляє та здійснює заходи, спрямовані на перевезення, пов'язані з евакуацією та розосередженням робітників і службовців, а також доставкою їх до місця роботи. Крім того, ця служба організовує підвезення сил і засобів до осередків ураження, адаптує транспорт для перевезення евакуйованих осіб та проводить знезараження транспорту. Медична служба організовується на базі медичного пункту і відповідає за санітарно-гігієнічні та профілактичні заходи, надання медичної допомоги потерпілим, їх евакуацію у лікувальні установи та проведення санітарної обробки. Окрім цього, медична служба забезпечує медичне обслуговування для робітників, службовців та їх сімей у місцях розосередження. Служба протирадіаційного і протихімічного захисту організовується на базі хімічної лабораторії. Вона займається розробкою і

реалізацією заходів, що захищають робітників, джерела водозабезпечення, харчові блоки та склади від радіоактивних і хімічних речовин. Служба також відповідає за організацію протирадіаційних і протихімічних формувань, контролює стан засобів захисту і спеціальної техніки, проводить радіаційне і хімічне спостереження та дозиметричний контроль, а також ліквідує наслідки радіоактивного і хімічного зараження. Для забезпечення злагодженості між керівним, командним та начальницьким складом, а також робітниками і службовцями при реагуванні на НС проводяться об'єктові тренування. Об'єктові тренування є вищою формою підготовки органів управління та навчання працівників з питань захисту життя та здоров'я. На об'єктах проводяться комплексні тренування (раз на три роки) та об'єктові тренування (раз на рік), які можуть бути плановими, показовими або дослідними за призначенням. Ці заходи спрямовані на підвищення готовності до реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру, що забезпечує оперативність та ефективність дій у кризових ситуаціях.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

5.1 Розрахунок робочої сили і робочих місць

Визначаємо явочну кількість робітників на ділянці за формулою

$$P_{\text{я}} = \frac{T}{\Phi_{\text{н}} \cdot K},$$

$$P_{\text{с}} = \frac{T}{\Phi_{\text{д}} \cdot K},$$

$$K=1,05\dots 1,15;$$

$$P_{\text{я}} = \frac{5120}{1753 \cdot 1,1} = 2,66 \text{ чол.}; \text{ Приймаємо } P_{\text{я}} = 3 \text{ чол.}$$

$$P_{\text{с}} = \frac{5120}{1515 \cdot 1,1} = 3,07 \text{ чол.}; \text{ Приймаємо } P_{\text{с}} = 3 \text{ чол.}$$

Кількість допоміжних робітників складає 10...15% від кількості виробничих робітників.

$$P_{\text{доп}} = 0,1 \cdot P_{\text{с}} = 0,1 \cdot 3 = 0,3;$$

$$\text{Приймаю } P_{\text{доп}} = 1 \text{ люд.}$$

Кількість керівників, службовців і спеціалістів приймають у відсотках від суми виробничих і допоміжних робітників відповідно 2...10%.

$$P_{\text{кер}} = 0,09 \cdot (P_{\text{осн}} + P_{\text{доп}}) = 0,09 \cdot (3 + 1) = 0,36;$$

$$\text{Приймаю } P_{\text{кер}} = 1 \text{ люд.}$$

$$P_{\text{служб}} = 0,03 \cdot (P_{\text{осн}} + P_{\text{доп}}) = 0,03 \cdot (3 + 1) = 0,12;$$

$$\text{Приймаю } P_{\text{служб}} = 1 \text{ люд.}$$

$$P_{\text{спец}} = 0,03 \cdot (P_{\text{осн}} + P_{\text{доп}}) = 0,03 \cdot (3 + 1) = 0,12;$$

$$\text{Приймаю } P_{\text{спец}} = 1 \text{ люд.}$$

Визначаємо явочну і спискову кількість основних робітників за спеціальностями. Результати заносимо до таблиці 5.1.

Результати розрахунків зводимо в штатну відомість робітників ділянки ремонту валів відбору потужності табл. 5.2.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку спискової і явочної кількості робітників по спеціальностях

Назва спеціальності робітників	Трудомісткість операцій, люд-год.	Дійсний річний фонд часу	Кількість робітників			
			Явочна Р _я		За списком Р _с	
			розр. х.	прийн. .	розр. х.	прийн. .
Шліфувальник	2306	1515	1,2	1	1,38	1
Гальванік	1800	1473	0,93	1	1,11	1
Слюсар	1014	1515	0,53	1	0,61	1
Всього				3	—	3

Таблиця 5.2 – Штатна відомість робітників і службовців дільниці ремонту валів відбору потужності

Назва професії	Кількість	Кількість робітників по розрядам			
		III	IV	V	VI
Шліфувальник	1	—	—	1	—
Гальванік	1	—	1	—	—
Слюсар	1	1	—	—	—
Всього робітників	3				
Допоміжні робітники	1				
Керівник	1				
Службовець	1				
Спеціаліст	1				
Всього	7				

5.2 Розрахунок кількості робочих місць на дільниці

Кількість робочих місць визначаємо за трудомісткістю ремонту валів заднього валу відбору потужності, відповідно до

$$N_{p.m} = \frac{T}{\Phi_{p.m}} = \frac{5120}{1753} = 2,92,$$

Приймаємо $N_{p.m} = 3$ місця.

Визначаємо основну кількість обладнання для дільниці по відновленню валів заднього валу відбору потужності.

Кількість одиниць основного обладнання визначаємо за формулою

$$П_{об} = \frac{T}{\Phi_{од} \cdot \eta_3},$$

$$\eta_3 = 0,85 \dots 0,95.$$

Визначаємо необхідну кількість ванн для гальванічної операції за формулою

$$П_{об.гал.} = \frac{T}{\Phi_{од} \cdot \eta_3} = \frac{1800}{1753 \cdot 0,9} = 1,14; \text{ Приймаємо } П_{об.гал.} = 1 \text{ ванна.}$$

Інше необхідне обладнання дільниці розраховуємо аналогічно за вищеведеною формулою. Підібране обладнання заносимо у відомість технологічного обладнання дільниці по відновленню валів заднього валу відбору потужності див. табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Відомість технологічного обладнання дільниці ремонту валів заднього валу відбору потужності

Найменування обладнання	Модель	Кількість, шт	Габаритні розміри, мм	Площа, м ²	Потужність, кВт	Балансова вартість, грн.
Генератор	АНД 1000/500	4	1477×685	1,012	6	5000
Стіл лабораторний	C3702-12	1	1250×800	1	—	1000
Стелаж секційний	2247	7	1400×450	0,7	—	800

Ванна для знежирювання	2239	1	1210×520	0,63	—	2000
Ванна для травлення	418-02	2	1300×146 5	2,145	—	6200
Ванна для залізнення	0013-039 -Ремдеталь	1	2500×800	2	8	20000
Ванна для хромування	0013-035 -Ремдеталь	1	2800×900	6,72	12	30000
Ванна-вловлювач	2327	1	680×580	0,394	—	5000
Ванна для гарячої води	989	1	1250×980	1,225	—	3000
Ванна для холодної води	1-ШС-00-00	1	1350×414	0,559	—	2000
Верстат шліфувальний	ЗБ151	2	3100×210 0	6,51	7	30000
Всього	—	—	—	38,786	58	161000

5.3 Розрахунок площ дільниці

Площу дільниці ремонту валів заднього валу відбору потужності визначаємо за формулою

$$F_{об} = f_o \cdot K_3 = 38,786 \cdot (3,0...4,0) = 116...155 \text{ м}^2,$$

$$K_3 = 3,0...4,0;$$

$$\text{Приймаємо } F_{об} = 144 \text{ м}^2.$$

5.4 Економічний ефект від модернізації пристосування для повертання валів

Визначення собівартості модернізації установки на ремонтній дільниці

$$C_y = B_n + B_m + B_{mv} + \sum B_{me} + \sum B_{с.е} + \sum Z_{од} + \sum B_{соц} + \sum P_{уст} + Ц_v,$$

Визначення витрат на модернізацію конструкції

$$B_n = T_{кон} \cdot Z_{сг} \cdot (1 + 0,01 \cdot K_{соц}) \cdot (1 + 0,01 \cdot П_{св}),$$

$$B_n = 98 \cdot 9,15 \cdot (1 + 0,037) \cdot (1 + 1,5) = 3071,2 \text{ грн.}$$

Визначення витрат на розробку технології виготовлення

$$B_m = T_m \cdot Z_{сг} \cdot (1 + 0,01 \cdot K_{соц}) \cdot (1 + 0,01 \cdot П_{св}),$$

де T_m – сумарна трудомісткість розробки технології виготовлення, год.;

$$B_m = 84 \cdot 7,72 \cdot (1 + 0,37) \cdot (1 + 1,5) = 2221 \text{ грн.}$$

Визначення вартості основних і допоміжних матеріалів, які використовуються під час модернізації установки наведено в табл.5.4

$$B_M = \sum M \cdot Ц_M \cdot \alpha_m,$$

Таблиця 5.4 – Вартість основних і допоміжних матеріалів, які використовуються під час модернізації установки

Назва деталей	Маса, кг	Матеріал	Ціна, грн.	α_T	Вартість, грн.
Корпус	11	Ст3	7	1,2	92,4
Колесо храпове	8,5	Ст3	7	1,2	71,4
Шток-рейка	5,5	Ст3	7	1,2	46,2
Втулка	0,35	Ст3	7	1,2	2,94
Вісь	1,5	Ст3	7	1,2	12,6
Всього					225,54

Визначення вартості покупних виробів, які використовуються під час модернізації установки

$$B_{пв} = \sum n \cdot Ц_M \cdot \alpha_m,$$

Таблиця 5.5 – Вартість покупних виробів, які використовуються під час модернізації установки

Найменування	Кількість	Ціна, грн.	α_T	Вартість, грн.
Гвинт	2	1,2	1,2	2,88
Гайка	2	0,7	1,2	1,68

Пружина	1	5	1,2	6
Болт	4	1,5	1,2	7,2
Всього				17,76

$$C_y = 3071,2 + 2221 + 225,54 + 17,76 + 0,616 + 0,92 + 12,5 + 0,046 + 0,38 + \\ + 1,875 = 5551,837 \text{ грн.}$$

Визначення балансової вартості для модернізації установки

$$B_{\epsilon} = K_n \cdot C_y,$$

$$K_n - 1, 1 \dots 1, 3.$$

$$B_{\epsilon} = 1,2 \cdot 5551,837 = 6662,2 \text{ грн.}$$

Визначення річного економічного ефекту від модернізації установки

$$E_p = (C_y^{\text{Б}} - C_y^3) \cdot N$$

$$E_p = (588,309 - 372,585) \cdot 2000 = 431448 \text{ грн.}$$

Визначення строку окупності капітальних вкладень від модернізації установки

$$T_{ок} = \frac{C_y}{E_p} = \frac{5551,837}{413448} = 0,013 \text{ хв.}$$

ВИСНОВОК

При оцінюванні технологій відновлення та зміцнення доцільно застосовувати методи перехрещення щільностей функцій розподілу на основі критеріїв надійності. Як критерії надійності відновлення можуть використовуватися різні погоджені точки на двох заданих функціях надійності або функціях відмов.

Методи порівняльного аналізу критеріїв надійності вже розроблені. Для отримання комплексної оцінки ефективності критеріїв надійності проведено чисельний аналіз, зокрема для конкретних даних при коефіцієнті варіації $V_R = V_N = 0,33$.

На основі даних про розподіл ймовірностей відмов для нових і відновлених валів, які відповідають експоненційному закону, була виконана комплексна оцінка для порівняння різних технологій відновлення.

Розроблена технологічна карта дефектування валу заднього валу відбору потужності. Проведено аналіз технологій відновлення, де електролітичне залізнення виявилось найбільш продуктивним для відновлення цього валу. Також було запропоновано модернізоване обладнання для наплавлення шліців.

Проведено розрахунки фонду часу, трудомісткості робіт та кількості працівників на проєктованій гальванічній дільниці. Обрано відповідне технологічне обладнання та розроблено планування ділянки для відновлення валів заднього валу відбору потужності. Також здійснено розрахунок природного та штучного освітлення.

Наведено розрахунки капіталовкладень при проєктуванні нової гальванічної дільниці для відновлення валів. Крім того, проведено розрахунок собівартості відновлення заднього валу відбору потужності та модернізованої установки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ляшук О.Л., Гудь В.З., Пиндус Ю.І., Левкович М.Г., Хорошун Р.В. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2020. – 66 с.
2. Ю. Паливода. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Ю. Паливода, А. Дячун, Р. Лещук. – Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет ім.І.Пулюя, 2019. – 240с.
3. Луців І.В. Розробка алгоритмів створення багатолезового оснащення адаптивного типу для обробки поверхонь обертання / І.В. Луців, Р.Я.Лещук // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ, вип. №26, 2009. С.164 - 171.
4. Луців І.В. Динамічні характеристики підсистем верстатного оснащення адаптивного типу / І.В. Луців, Р.Я.Лещук // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 2009, Том 14, №4. С.144-149.
5. Гевко І.Б Техніко-економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла-мітчика / І.Б.Гевко, Р.Я., Лещук, І.І.Стойко, Н.М.Марчук, М.Д.Сіправська // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.–Вип. 40.–Луцьк, 2018. С.21-31.
6. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
7. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
8. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. /В.Т. Павлище/ К.: Вища школа, 1993. – 556с.

9. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.

10. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.

11. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник – К.: Знання. 2003. – 511 с.

12. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник – К.: Знання. 2004. – 478 с.

13. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія [Текст]: Підручник. / О.А. Лудченко. - Київ: Знання-Прес, 2007. - 527с.

14. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 544 с.

15. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Dzyura, V., Aulin, V., Khoroshun, R. Interpreting the main power characteristics choice of the wheel vehicles guided cushioning system (2021) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 23 (2), pp. B139-B149. (Scopus).

16. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

17. Вплив силових параметрів керованої підвіски на стійкість руху КТЗ вздовж криволінійної ділянки / Б. І. Сокіл, О. Л. Ляшук, Р. В. Хорошун, М. Б. Сокіл // Підвищення надійності машин і обладнання : міжнар. наук.-практ. конф., 15-17 квіт. 2020 р., м. Кропивницький : матеріали конф. / М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та ремонту машин. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – С. 183-186.

18. Конспект лекцій (частина І) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.

19. Конспект лекцій (частина ІІ) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д. Навроцька., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 184 с.

20. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.

21. Левкович М.Г., Кищун В.А., Гандзюк М.О. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 242 с.