

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення вала відбору  
потужності коробки передач 70-4202018, з дослідженням вибору технологій  
нанесення покриттів на деталі сільськогосподарської техніки за критеріями  
надійності.

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-61  
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_  
(підпис) Ковальчук О.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис) Рогатинський Р.М.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_  
(підпис) Левкович М.Г.  
(прізвище та ініціали)

В.о. зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) Цьонь О.П.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2022

Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«11» листопада 2022 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Ковальчук Олені Вікторівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення вала відбору потужності коробки передач 70-4202018, з дослідженням вибору технологій нанесення покриттів на деталі сільськогосподарської техніки за критеріями надійності.

Керівник роботи Рогатинський Р.М., д.т.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 11 » листопада 2022 року № 4/7-899

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12 грудня 2022

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

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Вал відбору потужності – 1А2. Технологічна карта відновлення – 3А2.

Методи відновлення валу – 1А1.

Пристрій для повертання валів – 1А1.

Загальна структура методів оцінки надійності вузлів тертя – 1А1.

Методика порівняльного аналізу критеріїв надійності – 2А1.

Методи перехрещення щільностей за критеріями надійності – 1А1.

Ділянка для відновлення вала відбору потужності коробки передач 70-4202018– 1А1.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Клепчик В.М.		

7. Дата видачі завдання 11.11.2022р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	16.11.2022	
2	Технологічний розділ	21.11.2022	
3	Конструкторський розділ	25.11.2022	
4	Науково-дослідний розділ	02.12.2022	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	02.12.2022	
6	Оформлення графічної частини	08.12.2022	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	23.12.2022	

Студент

---

  
(підпис)

Ковальчук О.В.

---

  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

---

  
(підпис)

Рогатинський Р.М.

---

  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення вала відбору потужності коробки передач 70-4202018, з дослідженням вибору технологій нанесення покриттів на деталі сільськогосподарської техніки за критеріями надійності.».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н., професор Рогатинський Р.М.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 73 сторінки формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 5 сторінок додатків.

Ключові слова: демонтаж, технологічний процес, відновлення, наплавлення, контроль.

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	7
<b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	8
1.1 Обґрунтування заданого матеріалу деталі.....	8
1.2 Характеристика відновленої поверхні одержаного покриття.....	9
1.3 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу.....	10
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	11
2.1 Технологічний процес дефектування валу заднього валу відбору потужності трактора.....	11
2.2 Способи відновлення дефектів валу заднього ВВП.....	12
2.3 Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення валу, або основної робочої поверхні валу заднього ВВП трактора.....	18
2.4 Розробка технологічного процесу відновлення валу заднього ВВП.....	20
2.5 Обґрунтування вибору технологічного устаткування, ріжучого, вимірювального і контрольного інструментів.....	22
2.6 Розроблення маршруту і технології відновлення валу заднього ВВП.....	24
2.7. Визначення норми часу відновлення валу заднього ВВП за прийнятним способом.....	26
2.8 Організація виконання робіт на гальванічній дільниці.....	26
2.9 Розрахунок трудомісткості ремонтних робіт на дільниці по відновленню задніх валів відбору потужності.....	27
2.10 Режими роботи дільниці і розрахунок річних фондів часу.....	28
2.11 Розрахунок робочої сили і робочих місць.....	30
2.12 Розрахунок кількості робочих місць на дільниці.....	32
2.13 Розрахунок площ дільниці.....	34
2.14 Економічний ефект від модернізації пристосування для провертання валів.....	34
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b> .....	37
3.1 Обґрунтування необхідності модернізації пристосування для провертання валів при наплавленні шліців.....	37
3.2 Обґрунтування і розробка конструкції пристосування для провертання	

	6
валів при наплавленні шліців.....	37
3.3 Основні розрахунки конструктивних елементів пристосування для провертання валів при наплавленні шліців.....	39
<b>4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>45</b>
4.1 Моделі зношування сполучень деталей та визначення параметрів моделей.....	45
4.2 Моделі і розрахунки вузла тертя на надійність.....	48
4.3 Кількісна оцінка якості нанесення покриттів за критеріями надійності...	50
4.4 Комплексна оцінка ефективності критеріїв надійності за методом експертних оцінок.....	60
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>62</b>
5.1 Заходи безпеки праці на ділянці.....	62
5.2 Організація та структура цивільної оборони на об'єкті.....	65
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>70</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ.....</b>	<b>71</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	

## ВСТУП

Ремонт – це комплекс робіт по усуненню несправностей машин (чи її окремих елементів з метою відновлення її працездатності).

Ремонт машин ведеться на машиноремонтному підприємстві, що являє собою різновид машинобудівного і виконуючого у відповідності з ТУ ремонт елементів машин.

Організаційно-економічною основою цих заходів повинно бути:

- виконання всіх заявок на ремонтно-обслуговуючі роботи в найкоротші строки в першу чергу за рахунок використання у виробничому процесі підприємства широкої гами сучасних ремонтних технологій;

- терміновість виконання ремонтних робіт і робіт, пов'язаних з усуненням відмов, не за рахунок заміни деталей, що вийшли з ладу, через обмінний фонд, а за рахунок забезпечення повторного використання відновлених деталей із забезпеченням збереження їх ресурсу та надійності;

- зацікавленість працівників ремонтно-обслуговуючих підрозділів у своєчасності та якісному виконанні робіт за рахунок мотивації та стимулювання їх праці.

Важливою ланкою технологічного і економічного механізму господарювання є відновлення зношених поверхонь деталей, яке здійснюється на основі заявок підприємств та індивідуальних власників. Особливу увагу потрібно приділяти формуванню єдиного плану ремонтно-обслуговуючих робіт та послуг по регіону з визначенням їх дійсної величини і раціонального розподілення по ланках ремонтної бази. Єдиний план дозволить ув'язати обсяги робіт по ремонту з конкретними результатами автотранспортного виробництва і матеріально-технічним постачанням. В основний обсягів робіт повинні бути покладені нормативи (затрати на ТО і ремонт одиниці обладнання, наробіток, міжремонтні ресурси і обсяги механізованих робіт).

Розширення обсягів виробництва та інших послуг ремонтних підприємств повинно здійснюватися в першу чергу за рахунок виготовлення сучасного ремонтно-технологічного обладнання.

## 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Обґрунтування заданого матеріалу деталі

Сталь 38ХГС є хромосірчаномарганцевою сталлю, вона є легованою. Мета легування-підвищитиміцність. Завдяки тому, що легуючі елементи підвищують загартованість. Легуючі елементи можуть підвищувати корозійну стійкість, жаростійкість і жароміцність. Теплостійкість, змінювати магнітні та електромагнітні властивості. Легуючі елементи можуть розчинюватись у фериті і аустеніті і змінювати їх властивості. Утворювати карбіди (сполуки з вуглецю). Практично всі карбіди подрібнюють зерна, стримують його ріст при нагріванні, підвищують зносостійкість, опір зношування. Можуть утворювати сполуки між собою.

Легуючі елементи підвищують температуру гартування, відпускання, зменшують критичну швидкість гартування.

Хімічний склад цієї сталі такий: 0.35-0.42% вуглецю, 0.8-1.1% хрому, 0.8-1.2% марганцю, 0.9-1.2% сірки. Якщо роздивляться вплив кожного окремого легуючого елемента, то Cr (хром) утворює карбіди, подрібнює зерно, при кількості більш 12 % може надати корозійну стійкість, але не завжди; Mn (марганець)- утворює карбіди, сприяє росту зерна при нагріванні до високих температур. Марганцю у сталі може бути до 2%.; Si (сірка) карбіди не утворює, надає сталям пружності. У сталях до 2%.

Сталям типу (хромансил) присутній великий комплекс властивостей. Ці сталі 25ХГС, 30ХГС, 38ХГС мають гарну міцність і добре піддаються зварюванню. Сталі хромансил застосовують у виді листів та труб для відповідальних зварних конструкцій.

Цю сталь піддають покращенню чи ізотермічному гартуванню на нижній бейніт, яка сприяє отриманню більш вищих механічних властивостей і яка знижує чутливість до надрізів.

Сталям типу хромансил присутня зворотна відпускна крихкість та безвуглення при підігріві.



При використанні високоміцних сталей (38ХГС) необхідно враховувати, що вони чутливі до концентраторів напружень, особливо після звичайного гартування та відпускання, вони дають крихколамкість за рахунок збагачення їх воднем (наприклад, при гальванічних покриттях або травленні) та корозії під напругою.

Що ж стосується матеріалу для відновлення зношеної різьби валу, то я пропоную обрати дрiт, що наплавляється відкритою дугою (леговані дроти). Її марка ПП-АН121. Після її наплавлення ми отримаємо твердість поверхні 280 НВ.

## **1.2 Характеристика відновленої поверхні одержаного покриття**

Таким чином, після нанесення захисного покриття, електролітичним залізненням та наплавленням на вал заднього ВВП трактора, ми отримаємо відновлену деталь.

Характеристика поверхні після відновлення, не буде відрізнятися від поверхні нового вала. Та все одно нам вдалося підвищити ресурс даної поверхні.

Якщо розглядати посадочну поверхню під підшипник (4), то нанесене на неї покриття буде мати всі ті ж самі властивості, як і попередня (нова) поверхня, після термічної обробки. А у випадку відновлення посадочних поверхонь під підшипники (2, 5), та поверхню під сальник (6), ми одержали поверхні які близькі до нової. Різьбова поверхня (1) та шліцьові поверхні (3,7) після наплавлення набули підвищеної зносостійкості. Це відбулося за рахунок карбідів Cr та Mn, що надали гарної міцності, зносостійкості та гарного зчеплення цих двох поверхонь. Хром та марганець виконали роль розкислювачів, а це вплинуло на видалення зі зварного з'єднання FeO, тому ми отримали досить високий коефіцієнт зчеплення. Хром надасть даній поверхні стійкість до корозійних процесів, та разом з марганцем, вони кавітаційно зміцнять гальванічну поверхню.

Хімічний склад нанесеної поверхні буде той самий, що і був перед процесом залізнення. Твердість ділянки (4) залишиться не зміненою 50 НРС, а

твердість ділянок (1,2,3,5,6) зміниться з похибкою від заданої на 15...20 НВ, але це не змінить властивостей даної поверхні. Так як деталь кавітаційно зміцнена, то пористість майже не буде утворюватись. Ділянка (4) буде мати структуру мартенсит та залишковий ферит, а ділянки (1,2,3,5,6) будуть мати структуру аустеніт.

### **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 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Технологічний процес дефектування валу заднього валу відбору потужності трактора

Технологічний процес дефекації відновлення деталі – специфічний процес притаманний тільки ремонтному виробництву. Для визначення технічного стану деталі її піддають контролю і дефекації. При значних програмах ремонту застосовується маршрутна технологія відновлення деталей.

Під маршрутом відновлення мають на увазі таке сполучення дефектів, що визначається їхнім природним взаємозв'язком, єдністю технології відновлення і її доцільністю. По кожному з дефектів намічають послідовність операцій технологічного процесу відновлення.

Основні дефекти валу заднього ВВП приведені в табл. 2.1.

Складання маршруту відновлення валу заднього валу відбору потужності трактора . Принцип формування маршрутів відновлення деталей полягає в угрупованні подібних дефектів, використання для їх усунення подібного обладнання, спеціалізації робочих місць і дільниць. При цьому береться до уваги повторюваність дефектів і затрати на їх усунення. Виходячи із цього складаємо можливі технологічні маршрути відновлення валу заднього ВВП (табл. 2.2).

Таблиця 2.1 – 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 2.2 – 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,

## 2.2 Способи відновлення дефектів валу заднього ВВП

Найбільш розповсюдженими способами відновлення валу заднього ВВП є механізоване електродугове наплавлення під шаром флюсу та електролітичне залізнення (насталювання).

Сутність способу автоматичного наплавлення під шаром флюсу полягає в тому, що у зону горіння дуги (рис.2.1) подають сипкий флюс, який складається

з окремих дрібних крупинок (зерен). Під впливом високої температури частина флюсу плавиться, утворюючи навколо дуги еластичну оболонку 3, яка надійно захищає розплавлений метал від дії кисню та азоту. Після того як дуга перемістилась, рідкий метал твердіє разом з флюсом, утворюючи на наплавленій поверхні 9 ламку шлакову кірку 8. Флюс, що не розплавився може бути знову використаний. Наплавлення під шаром флюсу застосовують для відновлення багатьох деталей тракторів, автомобілів та с/г машин.

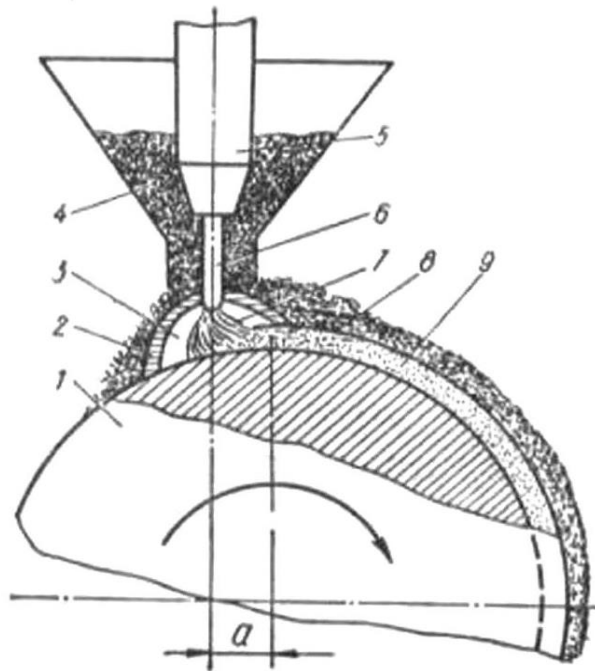


Рис.2.1 – Схема відновлення деталей типу вал наплавленням під шаром флюсу:  
 1 – наплавлена деталь; 2 – оболонка з рідкого флюсу; 3 – еластична оболонка;  
 4 – бункер з флюсом; 5 – мундштук; 6 – електрод; 7 – електрична дуга; 8 –  
 шлакова кірка; 9 – наплавлений метал; а – величина зміщення дуги від zenіту.

Найефективніше використовувати автоматичне наплавлення у тих випадках, коли треба наплавити шар товщиною понад 3 мм. До таких деталей належать у першу чергу деталі ходової частини тракторів і деталі сільськогосподарських машин – котки, цапфи, ролики, осі тощо. Глибоке проплавлення небажане – воно збільшує деформації.

В процесі електролізу товщина покриття на різних ділянках деталі неоднакова. Здатність електроліту давати рівномірні за товщиною покриття називається розсіювальною здатністю електроліту. Розсіювальна здатність залежить від силових ліній струму, які нерівномірно розподіляються в

електроліті між анодом і катодом і концентруються на краях катоду і його виступаючих частинах. На цих ділянках катоду відповідно густина струму буде вище, і, відповідно, товщина покриття буде найбільша.

Розсіювальна здатність електроліту може бути підвищена за рахунок зміни його складу. Електроліти з малою концентрацією основної солі мають більш високу розсіювальну здатність. Рівномірне розподілення металу на поверхні деталі залежить від розмірів, форми анодів і їх розміщення відносно деталей. Властивість електроліту забезпечувати покриття на заглиблених частинах деталей незалежно від його товщини характеризується так званою криючою здатністю електроліту. Зі збільшенням в електроліті концентрації основної солі, криюча здатність покращується.

Найбільш широке застосування в ремонтному виробництві знайшли процеси хромування та сталювання. Вони мають ряд переваг перед наплавленням: дозволяють наносити тонкі покриття рівномірної товщини з різною твердістю і зносостійкістю без порушення структури основного металу, так як він в процесі нарощування залишається практично холодним, й одночасно відновлювати велику кількість деталей, що знижує витрати на ремонт. В той же час ці способи мають недоліки, такі як:

- значні складність і об'єм робіт при виконанні технологічних процесів відновлення деталей;
- низька швидкість електролітичного осадження хрому;
- зниження опору втомленості деталей;
- забруднення навколишнього середовища відходами виробництва.

Перелічені недоліки стримують більш широке впровадження цих способів в ремонтне виробництво. Однак потенційні можливості вдосконалення фізико-механічних властивостей гальванічного покриття деталей в цілому значні.

Електролітичне настилювання застосовують в основному для відновлення зношених поверхонь і опору механічному зношуванню деталей. Для сталювання застосовують розчини сірчаної, хлорної, борватористоводневої солей. Залізо в звичайній атмосфері швидко ржавіє, тобто покривається бурим шаром гідратованого оксиду заліза. При загартуванні на повітрі Fe

окислюється, перетворюючись в  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  або  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ . У водних розчинах залізо утворює два види іонів різної валентності  $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ , яким відповідають два види гідратів оксидів  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  і  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

Осад електролітичного Fe по своїм властивостям і будові відрізняється від Fe, який отримують в звичайному металургійному процесі. Зміна властивостей електролітичного Fe зумовлено насамперед особливістю катодного процесу його отримання.

Покриття на деталях, які отримують в процесі осадження Fe при високих температурах, малій густині струму і високою концентрацією електроліту, має гладку оксамитову поверхню гарного срібно-білого кольору, яка темніє після недовгого перебування на повітрі. З підвищенням густини струму оксамитовість осаду зменшується, змінюється слабким блиском, і при достатньо великій густині струму покриття стає блискучим. Разом з тим збільшується твердість, опір розриву і зменшується в'язкість.

В хлористих електролітах різної концентрації солі Fe (200...600 г/л) при зміні температури (25...100°C) і густини струму (2...140 А/дм<sup>2</sup>) осаджується покриття в широкому діапазоні твердості.

Отримання гарного зчеплення в хлористому електроліті при пониженій температурі досягається за рахунок застосування асиметричного змінного струму. Характеристикою режиму насталування при цьому слугує відношення катодної густини струму до анодної –  $\beta$ . Для отримання якісного зчеплення осаду з основним металом встановлюють  $\beta=1,3$  при густині струму катодного півперіоду 20 А/дм<sup>2</sup>. Після включення струму витримують цей режим протягом 20...30 с. для отримання суцільного шару заліза. Протягом наступних 8...10 хв. Поступово доводять до  $\beta=6...9$  і катодну густину до 30 А/дм<sup>2</sup>, що забезпечує високу швидкість нарощування покриття, його твердість і зносостійкість.

Підготовка деталей до насталування

Підготовка деталей до нанесення покриття включає наступні операції:

- промивання у 10%-вому розчині каустичної соди у воді при температурі 70°C;
- промивання у гарячій воді;

- електричне знежирення у ванні з складом електроліту, г/л: каустична сода – 65; кальцинована сода – 25; рідке скло – 15; температура електроліту 60...70°C, густина струму 10-15 А/дм<sup>2</sup>. Витримування: якщо деталь катод – 1...2 хв., якщо анод – 2...3 хв.;
- промивання у гарячій воді;
- анодна обробка у 30-ному розчині сірчаної кислоти при кімнатній температурі. Густина струму 20-50 А/дм<sup>2</sup> з витримуванням 24 хв. Катодами є свинцеві пластини з площею в 2...4 рази більшою за площу деталей (анодів);
- промивання деталей у холодній воді (поверхня деталей повинна бути світло-матового кольору без темних плям);
- навішування деталей на катодний шланг і витримування без струму протягом 0,5...1 хв.;
- промивання в холодній, потім у гарячій воді. Швидкість осадження заліза при густині катодного струму 30 А/дм<sup>2</sup> досягає 11,7 мкм/хв. з твердістю 6000 МПа.

Анодна обробка виконується у розчинах наступного складу: 365 г/л 30%-го розчину сірчаної кислоти  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 10...25 г/л сірчаноокислого заліза  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Деталі оброблюються на аноді при густині струму 60...70 А/дм<sup>2</sup> і температурі 18...25°C тривалістю 2...3 хв. Катодом при цьому слугують пластини із свинцю або нержавіючої сталі.

Під час розчинення анодів на їх поверхні утворюється нерозчинний шлам, до складу якого входять вуглець, сірка, фосфор та інші домішки. Шлам потрапляє до електроліту, забруднює його і тим самим погіршує якість покриття. Для запобігання цього аноди поміщають в чохлах, виготовлених з кислотостійкого матеріалу (склотканини), у ванну, яка з середини облицьована вуглеграфітовими, антегмітовими плитками марки АТМ-1, і заливають електроліт. Матеріалом для виготовлення електроліту є стружка низьковуглецевих сталей 10, 20 (взята з-під верстатів), які розчиняють у соляній кислоті до припинення виділення бульбашок.

Перед цим стружку знежирюють у 10%-ному розчині каустичної соди при температурі 80...90°C і промивають гарячою водою. Отриманий електроліт фільтрують через скловолокнисту тканину та, додаючи соляну кислоту,



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/дм<sup>2</sup>, 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 насталювання 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 розсіваюча здатність електроліту;
- високий вихід металу, який досягає 85...90%;
- більш низька вартість процесу.

### **2.3 Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення валу, або основної робочої поверхні валу заднього ВВП трактора**

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

$$K_i = K_z \cdot K_H \cdot K_{II} \cdot K_e, \quad (2.1)$$

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

$$K_H = f(K_{3H} \cdot K_{3Ч} \cdot K_{BM}), \quad (2.2)$$

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 обраному способу відновлення можливо дати тільки після проведення його економічної оцінки. Таку економічну оцінку в цій методиці будемо здійснювати за допомогою коефіцієнта економічності.

Нехай нам потрібно відновити поверхню під підшипник, діаметр 45 мм, виготовленого з сталі 38ХГС, твердість поверхні НВ 280...310, величина зносу 0,03 мм. Для вибору раціонального способу складаю наступну таблицю 2.2.

З табл. 2.3 бачимо, що найбільш раціональним є спосіб відновлення валу електролітичним залізненням – інтегральний коефіцієнт, що відповідає цьому способу становить 1,312.

З метою визначення оптимальних способів відновлення кожного дефекту за прийнятим маршрутом проводимо аналіз за вищенаведеною методикою. Обрані способи (технології) відновлення дефектів приводимо у порівнянні із тими, що застосовуються на підприємстві при ремонті валу заднього ВВП. Способи відновлення дефектів наведені у табл. 2.4.

Таблиця 2.3 – 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 2.4 – 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
Знос поверхні під підшипники	Автоматичне наплавлення під шаром флюсу та обточування з шліфуванням під номінальний розмір	Електролітичне залізнення та шліфування під номінальний розмір

## 2.4 Розробка технологічного процесу відновлення валу заднього ВВП

Таблиця 2.5 – 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 <sup>0</sup>
	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 2.6.

Таблиця 2.6 – 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 $\varnothing 39,97$ до $\varnothing 39,57$ мм
	Перехід 1	Шліфувати поверхню під підшипник 310 з $\varnothing 49,97$ до $\varnothing 49,57$ мм
	Перехід 2	Шліфувати поверхню під підшипник 209 з $\varnothing 44,97$ до $\varnothing 44,57$ мм
	Перехід 3	Шліфувати поверхню під сальник з $\varnothing 44,8$ до $\varnothing 44,4$ мм
015	Мийна	Промивання деталі
20	Гальванічна	Вневанне насталування поверхонь під підшипники та сальник
025	Шліфувальна	Шліфувати поверхню під підшипник 208 з $\varnothing 40,05$ до $\varnothing 40$ мм
	Перехід 1	Шліфувати поверхню під підшипник 310 з $\varnothing 50,05$ до $\varnothing 50$ мм
	Перехід 2	Шліфувати поверхню під підшипник 209 з $\varnothing 45,05$ до $\varnothing 45$ мм
	Перехід 3	Шліфувати поверхню під сальник з $\varnothing 45,05$ до $\varnothing 45$ мм
030	Контрольна	Контроль якості відновлених дефектів

## 2.5 Обґрунтування вибору технологічного устаткування, ріжучого, вимірювального і контрольного інструментів

Таблиця 2.7 – Вибір установочних баз ТП відновлення дефектів валу

## заднього ВВП

Номер операції	Назва операції	Установча база
005	Дефектувальна	–
010	Шліфувальна	Привальна площа
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 2.8.

Таблиця 2.8 – 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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
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

## 2.6 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 2.9 – 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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	–	Промити деталь розчином Лабоміт 101 та протравити сірчаною кислотою H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
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 поверхню під підшипник 208 Пошліфувати поверхню під підшипник 209 Пошліфувати поверхню 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

## 2.7. – Визначення норми часу відновлення валу заднього ВВП за прийнятим способом

Таблиця 2.12 – Норми часу відновлення валу заднього ВВП за прийнятим способом

Номер операції	Найменування операції	Основний час операції $T_{Oj}$ , хв.	Норма часу на кожну операцію $T_{Hj}$ , 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

## 2.8 Організація виконання робіт на гальванічній дільниці

Після розбирання і миття деталей потрапляє на дільницю. Тут вона проходить дефекацію, де її ретельно оглядають та піддають контролю геометричним розмірам. Контроль здійснюється візуально, а також з допомогою спеціальних приладів та інструменту.

Робітники на гальванічному устаткуванні забезпечуються спеціальним обладнанням та спецодягом. Основне і допоміжне обладнання розташоване в певній послідовності, так, що переміщення деталей відбувається по найкоротшій відстані. На дільниці розроблені умови для безпечної роботи з їдкими розчинами та кислотами.

Після насталування деталі перевіряють на твердість. Якщо твердість деталі менша ніж у нової, то її піддають гартуванню. Обладнання між собою розташоване на найкоротших відстанях і переміщення деталей відбувається згідно з технологічним маршрутом. Гальванічне і шліфувальне устаткування розташоване одне біля одного.

Наступним кроком є механічна обробка, де деталь піддають чорновому та чистовому шліфуванню. Після обробки деталь контролюється та віддається на комплектацію та інші операції.

## **2.9 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 перевівши їх в години, отримуємо трудомісткість робіт на дільниці. Отримані дані заносимо до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – 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 виконані на дільниці і трудомісткість перемножуємо на програму ремонту і отримані дані заносимо до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – 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

## 2.10 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;

$d_T = 251 \cdot 0,003 = 0,75$  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

$$\Phi_{д8} = 2004 - (24 + 10 + 4 + 1 + 1) \cdot 8 = 1684 \text{ год.}$$

$$\Phi_{д7} = 1753 - (24 + 10 + 4 + 1 + 1) \cdot 7 = 1473 \text{ год.}$$

Річний фонд для інших професій

$$\Phi_{д8} = 2004 - (18 + 10 + 4 + 1 + 1) \cdot 8 = 1732 \text{ год.}$$

$$\Phi_{д7} = 1753 - (18 + 10 + 4 + 1 + 1) \cdot 7 = 1515 \text{ год.}$$

Річний фонд часу робочого місця визначаємо за формулою

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

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

$c$  – кількість змін роботи;

$$\Phi_{рм8} = 2004 \cdot 1 \cdot 1 = 2004 \text{ год.}$$

$$\Phi_{рм7} = 1753 \cdot 1 \cdot 1 = 1753 \text{ год.}$$

$$\Phi_{рм8} = 2004 \cdot 1 \cdot 2 = 4008 \text{ год.}$$

$$\Phi_{рм7} = 1753 \cdot 1 \cdot 2 = 3506 \text{ год.}$$

$$\Phi_{рм8} = 2004 \cdot 2 \cdot 2 = 8016 \text{ год.}$$

$$\Phi_{рм7} = 1753 \cdot 2 \cdot 2 = 7012 \text{ год.}$$

Річний фонд часу обладнання номінальний і дійсний визначаємо за формулою

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

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

$$\eta = 0,95;$$

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

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

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

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

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

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

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

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

## 2.11 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.

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

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

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

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

Приймаємо  $P_{\text{кер}} = 1$  люд.

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

Приймаємо  $P_{\text{служ}} = 1$  люд.

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

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

Визначаємо явочну і спискову кількість основних робітників за спеціальностями. Результати заносимо до таблиці 2.15.

Результати розрахунків зводимо в штатну відомість робітників дільниці ремонту валів відбору потужності табл. 2.16.

Таблиця 2.15 – Результати розрахунку спискової і явочної кількості робітників по спеціальностях

Назва спеціальності робітників	Трудомісткість операцій, люд-год.	Дійсний річний фонд часу	Кількість робітників			
			Явочна $P_{\text{я}}$		За списком $P_{\text{с}}$	
			розрах.	прийн.	розрах.	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 2.16 – Штатна відомість робітників і службовців дільниці ремонту валів відбору потужності

Назва професії	Кількість	Кількість робітників по розрядах			
		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	

## 2.12 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

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

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

Визначаємо необхідну кількість ванн для гальванічної операції за формулою

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

Інше необхідне обладнання дільниці розраховуємо аналогічно за вищенаведеною формулою. Підібране обладнання заносимо у відомість технологічного обладнання дільниці по відновленню валів заднього валу відбору потужності див. табл. 2.14.



Таблиця 2.17 – Відомість технологічного обладнання дільниці ремонту валів заднього валу відбору потужності

Найменування обладнання	Модель	Кількість, шт	Габаритні розміри, мм	Площа, м <sup>2</sup>	Потужність, кВт	Балансова вартість, грн.
Генератор	АНД 1000/500	4	1477×685	1,012	6	5000
Стіл лабораторний	С3702-12	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	1300×1465	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	3Б151	2	3100×2100	6,51	7	30000
Всього	–	–	–	38,786	58	161000

### 2.13 Розрахунок площ дільниці

Площу дільниці ремонту валів заднього валу відбору потужності визначаємо за формулою

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

$$K_3 = 3,0 \dots 4,0;$$

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

### 2.14 Економічний ефект від модернізації пристосування для повертання валів

Визначення собівартості модернізації установки на ремонтній дільниці

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

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

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

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.2.18

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

Таблиця 2.18 – Вартість основних і допоміжних матеріалів, які використовуються під час модернізації установки

Назва деталей	Маса, кг	Матеріал	Ціна, грн.	$\alpha_T$	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

$$B_{nv} = \sum n \cdot C_m \cdot \alpha_m,$$

Таблиця 2.19 – Вартість покупних виробів, які використовуються під час модернізації установки

Найменування	Кількість	Ціна, грн.	$\alpha_T$	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

$$B_e = K_n \cdot C_y,$$

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

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

Визначення річного економічного ефекту від модернізації установки

$$E_p = (C_y^B - C_y^3) \cdot N,$$

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

Визначення строку окупності капітальних вкладень від модернізації установки

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

## **3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ**

### **3.1 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 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 3.1.

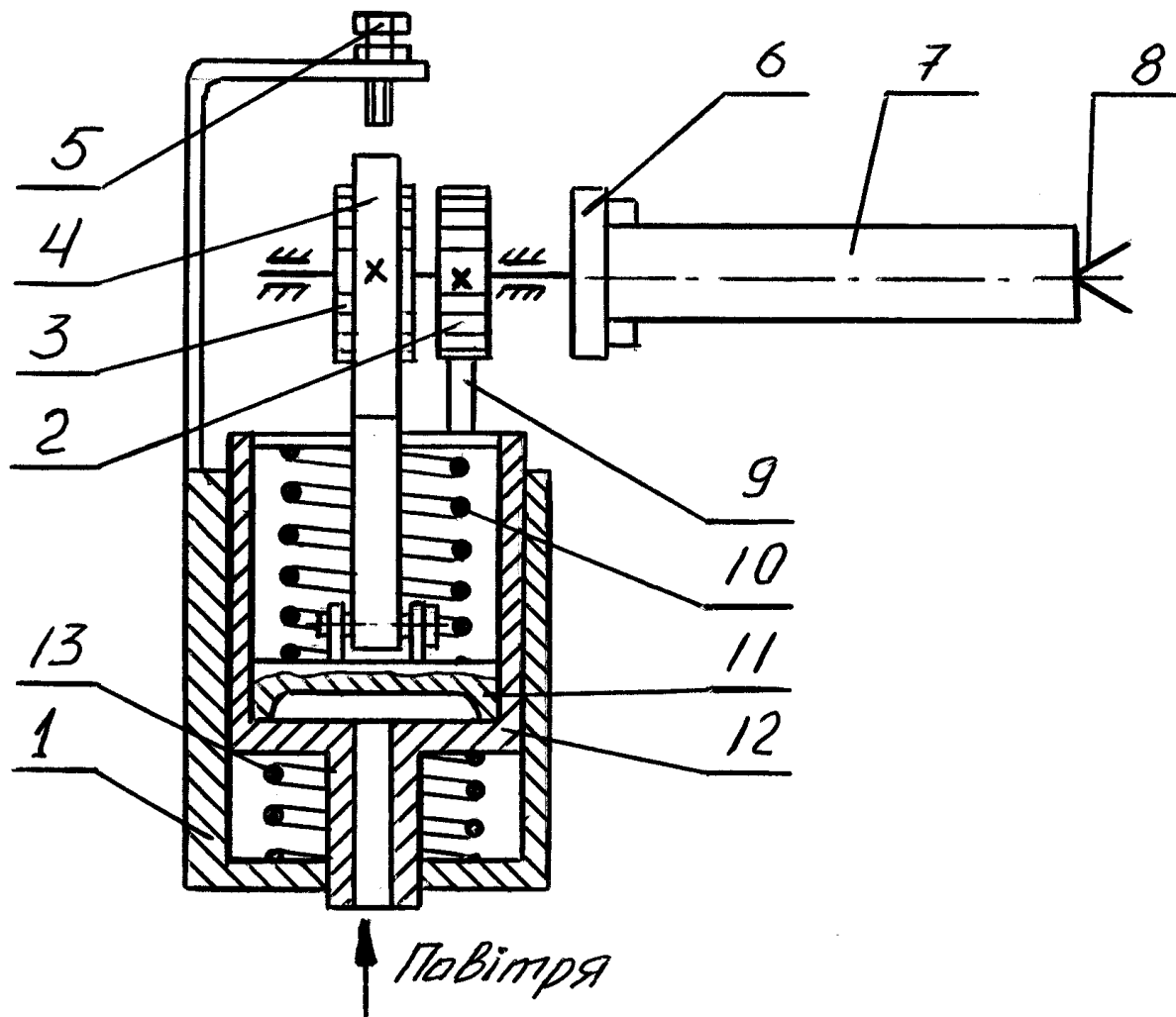


Рисунок 3.1 – Схема поворотного механізму

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 паза ділильного 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 фіксатор увійде в новий паз ділильного диска.

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

### **3.3 Основні розрахунки конструктивних елементів пристосування для провертання 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 вала, 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 3.1.

$$M_{кр} = F_t \frac{d_x}{2}, \quad (3.1)$$

Визначаємо силу тиску на штоку-рейці робочого пневмоциліндра

$$F_t = q \frac{\pi \cdot d_{\text{ш}}^2}{4} \eta,$$

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

Підставивши значення сили тиску на штоку-рейці в формулу (3.1) визначимо активний обертовий момент

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

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

$$M_{\text{тр}} = M_1 + M_2 = R_1 \cdot f_1 \cdot \frac{d_1}{2} + R_2 \cdot f_2 \cdot \frac{d_2}{2}, \quad (3.2)$$

Підставивши значення у вираз (3.2) знаходимо значення моменту сил тертя

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

В результаті розрахунку отримали те, що  $M_{\text{кр}} > M_{\text{тр}}$ , 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,  $\alpha = 30^\circ$ .



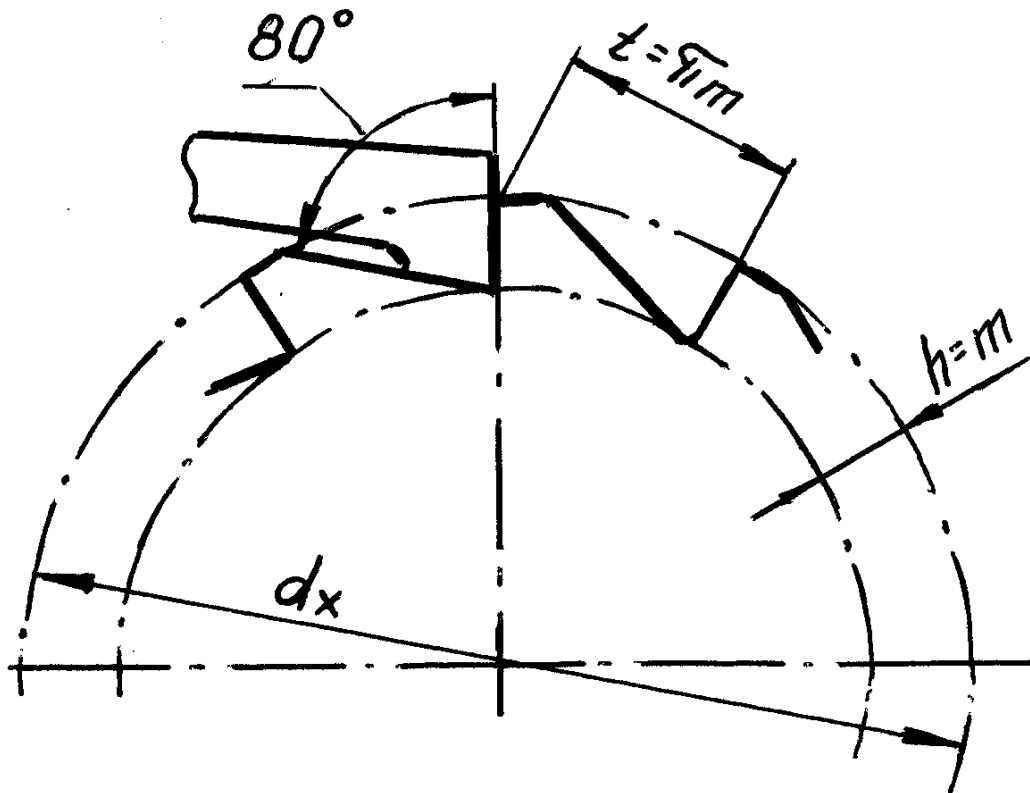


Рисунок 3.2 – Схема храпового зачеплення

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 3.3.

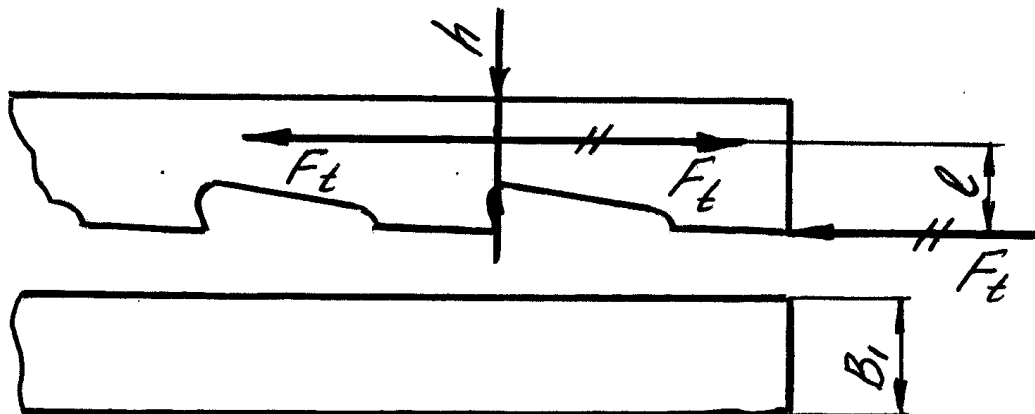


Рисунок 3.3 – Схема навантаження зуба штока-рейки

В середній частині небезпечного перерізу прикладаємо дві рівні, протилежні сили  $F_t$ , тоді отримаємо згинаючий момент  $M_{зг} = F_t \cdot l$  і стискаючу силу  $F_t$ . Сумарні напруження визначаються як алгебраїчна сума

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_{зг} + \sigma_{ст} = \frac{M_{зг}}{W} + \frac{F_t}{B_1 \cdot h}, \quad (3.3)$$

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 (3.3) 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  $[\sigma]_{зг} = 120 \text{ Н/мм}^2$ , отже маємо  $\sigma_{\Sigma} < [\sigma]_{зг}$  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

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

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,  $H_2 = 40 \text{ мм}$ .

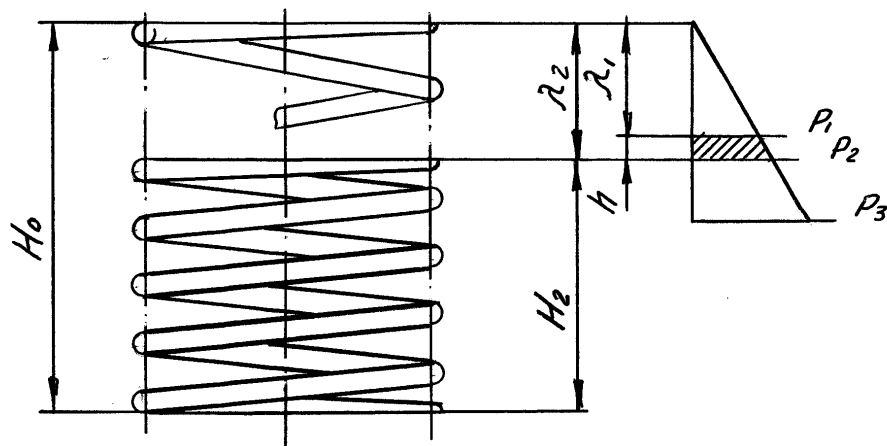


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема пружини

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  $P_2$

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

Розраховуємо число робочих витків пружини

$$n = \frac{H_2 - d}{t_2} = \frac{40 - 4}{5,02} = 7,17 \text{ витка}$$

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 (3.4)

$$\tau = \frac{8 \cdot P_3 \cdot k \cdot D}{\pi \cdot d^3} \leq [\tau], \quad (3.4)$$

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 (3.4) 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 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Моделі зношування сполучень деталей та визначення параметрів моделей

Вивчення зовнішнього вигляду зношених поверхонь дає первинну вихідну інформацію про механізм зношування (рис. 4.1).

У сполученні 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, як правило, диференціальна залежність інтенсивності зносу  $u_w$  в точці від різних факторів: тиску  $\sigma$ , швидкості  $V$ , температури  $T$  і т.п.

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

$$\frac{du_w}{dS} = k_w \sigma^m, \quad (4.1)$$



Рис. 4.1 – Схема визначення моделі зношування пари тертя

Визначення параметрів моделі зношування є центральним етапом будь-якої методики розрахунків на знос (рис. 4.1).

Від точності визначення цих параметрів у першу чергу залежить точність розрахунків зносу вузлів тертя.

Визначення параметрів моделі – це окрема важлива задача трибології. Відомі спроби аналітичного непрямого визначення цих параметрів, подаючи їх через інші параметри, визначені з експерименту.

Рекомендується визначати параметри моделі ( $k_w$ ,  $m$ ) з прямих експериментів на знос, при цьому можливі два види випробовувань: традиційне, при постійному перерізі зразка, і більш ефективно, при змінному перерізі зразка.

При лабораторних випробовуваннях на знос можуть бути використані схеми: "клин-площина"; "куля-площина"; "циліндр-площина"; "перехресні циліндри" тощо.

Вибір схеми визначається наявністю зразків необхідної форми і відповідних методик.

В основі методик визначення параметрів моделей за результатами випробовувань зразків із змінним перерізом покладено рішення контактних задач з урахуванням зносу для відповідної пари тертя.

При випробовуваннях зразків змінного перерізу обумовлені параметри моделей виявляються чутливими до точності визначення зносу під час експерименту.

Необхідну оцінку точності визначення параметрів можна виконувати використовуючи теорію сенситивів.

За відсутністю точних даних про параметри моделей і при неможливості проведення лабораторних випробовувань, у першому наближенні, можна користуватися даними про параметри, що наведені в довідниках.

Моделі і розрахунки вузла тертя на знос (детерміновані моделі) мають наступні елементи:

1 Розрахунки – це чисельні реалізації моделей (рис. 4.2). Моделі зносу вузлів тертя – це кінцеві залежності зносу вузла тертя від всіх або основних факторів, що впливають на знос. Моделі, як правило, є результатом рішення

диференціальних або інтегральних рівнянь, що описують процес.

2. Диференціальні або інтегральні рівняння процесів зношування вузла тертя виводяться на основі трьох основних рівнянь:

- рівняння моделі зношування в точці;
- рівняння суцільності в контактї
- рівняння рівноваги.

3. Точні рішення диференціальних або інтегральних рівнянь процесів зношування в замкнутій формі, як правило, ускладнені.

Тому на практиці використовують:

- наближені аналітичні методи рішення цих рівнянь;
- чисельні методи рішення диференціальних і інтегральних рівнянь.

4. Практичне використання наближених рішень рівнянь процесів зношування вимагає обов'язкової оцінки їхньої точності.

Строго математична оцінка точності наближених рішень – це процедура часто більш складна, чим точне рішення рівнянь.

5. У цих умовах експериментальна оцінка точності рішень є основною, реальною і необхідною.

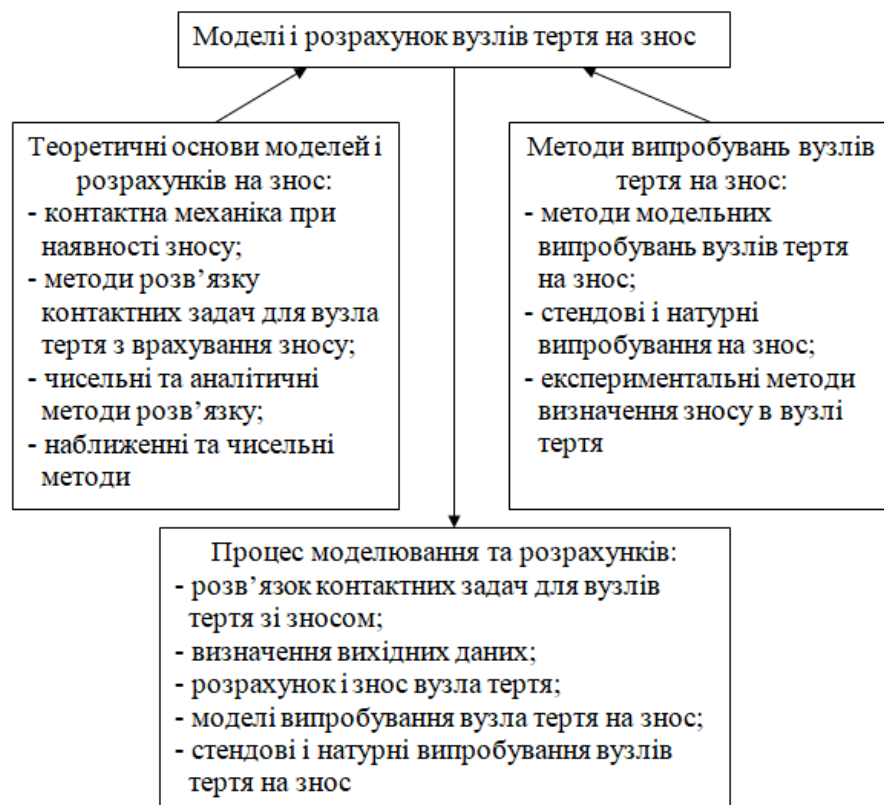


Рис. 4.2 – Схема визначення моделі і розрахунків вузла тертя на знос

Експерименти з навантаженими вузлами, як правило, утруднені як через їхні розміри, так і через неможливість виконати всі умови. Основним методом оцінки точності моделей зношування вузлів тертя є модельні випробовування реальних вузлів тертя. Техніка модельних випробовувань вимагає високої кваліфікації експериментатора в поєднанні з володінням методами математичного моделювання процесів.

## **4.2 Моделі і розрахунки вузла тертя на надійність**

1. Матеріали неоднорідні і безперервно змінюються в часі. Це приводить до того, що стан у кожній точці матеріалу носить випадковий характер.

Випадковий характер механічних властивостей і зовнішніх умов для машин і їхніх вузлів приводить до випадкового характеру відмов. Випадкові процеси відмов описуються в техніці теорією надійності (рис. 4.5).

2. Побудувати модель надійності – це, власне кажучи, знайти функцію розподілу ймовірностей відмов. Відмови бувають міцнісні та трибологічні.

Тут мова йде про трибологічні відмови, тобто відмови через знос.

3. При наявності детермінованої моделі зносу вузла тертя у випадку нормального розподілу відмов задача побудови моделі вузла тертя зводиться до:

- визначення дисперсій випадкових величин, що входять у модель зносу;
- визначення дисперсії зносу вузла тертя як випадкової величини.

4. Теоретично розрахована надійність з урахуванням допущень, прийнятих при побудові моделі зносу і ще більшої наближеності при визначенні дисперсій, є безумовно наближеною, тобто оціночною. У цих умовах, якщо для відповідального вузла поставлено задачу реальної оцінки зносу, то необхідні випробовування на надійність.



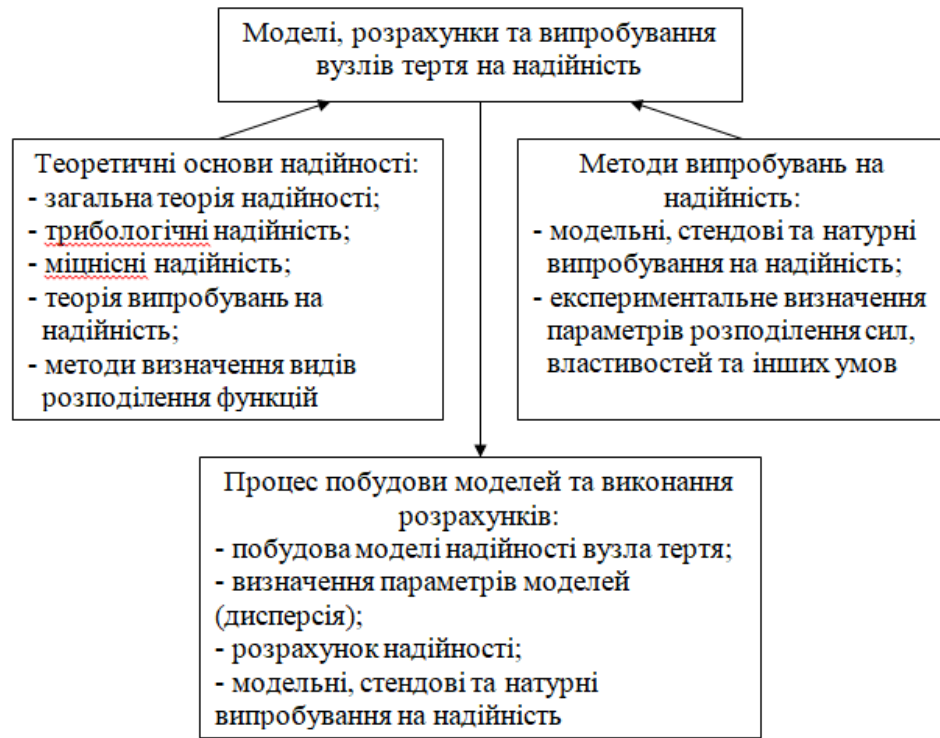


Рис. 4.3 – Схема моделей і розрахунків вузла тертя на надійність

5. Випробовування вузлів тертя на надійність – це випробування достатньої кількості вузлів тертя. Як правило, випробувати на надійність потрібне за вимогами теорії число вузлів тертя неможливо.

У цих умовах виконують оціночні випробовування на надійність малого числа вузлів тертя з подвійною оцінкою імовірності, говорячи іншими словами, визначають імовірність імовірності безвідмовної роботи вузла в заданому інтервалі часу.

6. Вузол тертя може виходити з ладу із-за зносу, із-за втрати міцності, за умовами змащення, за температурою, за схоплюванням, за корозією (фретінг-корозією) і т.п.

Таким чином, по-перше, необхідно оцінити надійність за всіма небезпечними видами відмов, по-друге, звести всі імовірності до деякої однієї, котра і буде називатися надійністю вузла тертя.

7. Кінцевою метою розрахунків і випробовувань вузла тертя є оцінка його якості з урахуванням інших вимог споживача: вартості, безпеки, екологічності, естетики і т.д. Оцінка якості – це окрема велика складна задача.

### 4.3 Кількісна оцінка якості нанесення покриттів за критеріями надійності

Якість будь-якого виробу характеризується комплексом таких властивостей як: відповідність призначенню, надійність, вартість, естетичність, екологічність і т.п. В свою чергу, кожній із властивостей відповідає цілий ряд кількісних критеріїв. Основним критерієм надійності є імовірність безвідмовної роботи в період заданого часу або функція розподілення вірогідності роботи виробу до відмови.

Первісна від функції розподілення вірогідності називається щільністю розподілення ймовірності.

Об'єктом дослідів в даній роботі є машини, а предметом дослідів – рівень технологій відновлення і якості виробів після їх відмови.

Розробка нових технологій, направлених на підвищення якості (міцності, зносостійкості, надійності) нових і відновлюваних виробів, є головною задачею в роботі удосконалення машин.

Не менш важливою, ніж створення технологій, є задача створення методів оцінки якості виробів, виготовлених по новим технологіям.

Ці методи, як правило, основані на випробуваннях виробів з визначенням їх службових властивостей і характеристик. До таких властивостей відносяться міцність, зносостійкість і надійність деталей машин.

При проведенні випробувань для визначення характеристик цих властивостей деталі випробовуються до повного завершення роботи або, як кажуть, до відмови.

Статистична неоднорідність матеріалів як одне із головних властивостей матерії призводить до великого розкидання тривалої роботи (наробітку) до відмови. Кожна технологія для конкретного виду виробів при статистичних представницьких випробуваннях може бути представлена розподіленням ймовірності відмов. Залежності ймовірності відмов від наробітку – це функції.

Таким чином, задача зрівняння двох технологій, наприклад, висхідної (заводської) і технології відновлення деталі при експлуатації під час ремонту – це задача зрівняння двох функцій розподілення.

Як правило, рішення цієї задачі в математиці є неоднозначним.

Далі вивчаються інтегральні методи зрівняння функцій розподілення ймовірності відмов.

Критерії надійності (якості) відновлення. Надійність сільськогосподарської техніки на сьогодні вимагає як підвищення її рівня конструктивними, технологічними, експлуатаційними заходами, так і розробки теоретичних і методичних питань оцінки її показників. Відомо, що керування надійністю СГТ є основною проблемою в системі обслуговування і ремонту парку машин.

Головна складність в оцінці зносостійкості полягає у значному впливі на якість виробу випадкової складової кожного з безлічі факторів. Властивості матеріалів, процеси технологій їхньої обробки, стан поверхонь, результати випробовувань, діючі навантаження — усі ці складові мають середнє значення і випадкову складову. При детермінованій оцінці якості, тобто оцінці у середньому, можливі безліч варіантів, у яких реальне поведження вузла тертя буде протилежним поведженню у середньому. Так, при порівнянні двох способів при нормальному законі розподілу властивостей тільки половина випадків будуть відповідати порівнянню у середньому, наприклад, спосіб А краще способу В в  $n$  разів,  $u_{wB}/u_{wA} = n$ , тобто знос деталей, виготовлених за способом А нижче зносу деталей, виготовлених за способом В. У багатьох інших випадках (заштрихована область, рис. 4.4) спосіб А може бути значно гірше способу В, що не враховується при детермінованих порівняннях і може приводити до непередбачених відмов в експлуатації.

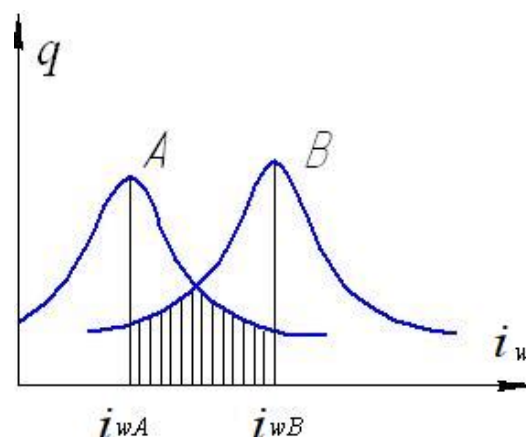


Рис. 4.4 – Схема ефекту накладання хвостів розподілів

Іншою причиною невідповідності результатів експлуатації прогнозованим ресурсам може бути так званий "ефект ножиць" (рис. 4.5).

Якщо випробовування на знос проведені тільки в зоні I при малому шляху тертя  $S$  або тиску  $\sigma$ , то буде отриманий висновок про те, що спосіб B є більш ефективним ніж спосіб A і  $i_{wB} < i_{wA}$ . У цей самий час, випробовування при більших тисках або більших шляхах приводять до протилежного висновку.

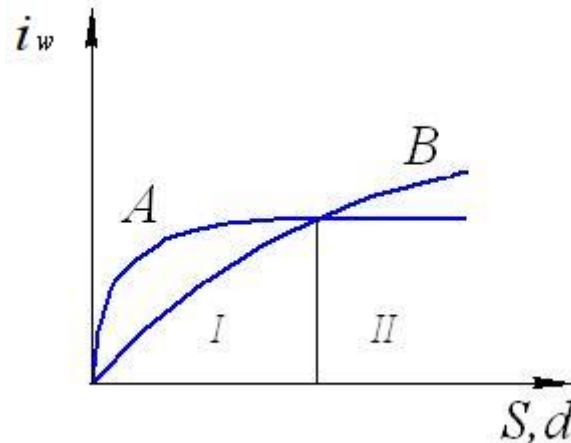


Рис. 4.5 – Схема "ефекту ножиць"

Зі сказаного очевидно, що без моделей процесів зношування і їхніх використань, без розрахунків і випробовувань оцінка ефективності різних технологій і способів підвищення зносостійкості може не відповідати дійсності.

Розрахунки на знос – це реалізація математичних моделей процесів зношування вузлів тертя. Наявність математичних моделей дозволяє виконувати аналіз впливу різних факторів на надійність.

При проектувальних розрахунках наявність моделей дозволяє визначати параметри конструкції, що забезпечують мінімальний знос і максимальну надійність у заданих умовах, а це дозволяє проектувати оптимальну конструкцію.

При проектувальних розрахунках наявність моделей і розрахунки дозволяють знаходити слабкі місця в конструкції і намічати шляхи її удосконалення.

Таким чином, розрахунки в поєднанні з випробуваннями є ефективним інструментом удосконалення вузлів тертя.

Методи перехрещення щільностей. Інтеграл перехрещення щільностей

Нехай відомі розподілення ймовірностей відмов нових  $f_N(t_N)$  і

відновлених  $f_R(t_R)$  деталей (рис. 4.6).

Із перехрещення лівої  $f_N(t_N)$  і правої  $f_R(t_R)$  гілки функції видно, що не дивлячись на те, що  $\overline{t_R} < \overline{t_N}$  існує ймовірність того, що наробіток до відмов відновлених виробів буде більше наробітку до відмов нових. Знайдемо надійність нових виробів в порівнянні з відновлюваними або перевищення нових виробів в порівнянні з відновленими.

Введемо випадкову величину  $\Delta t$ , яка дорівнює різниці наробітків до відмови нової і відновленої деталей

$$\Delta t = t_N - t_R \quad (4.2)$$

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

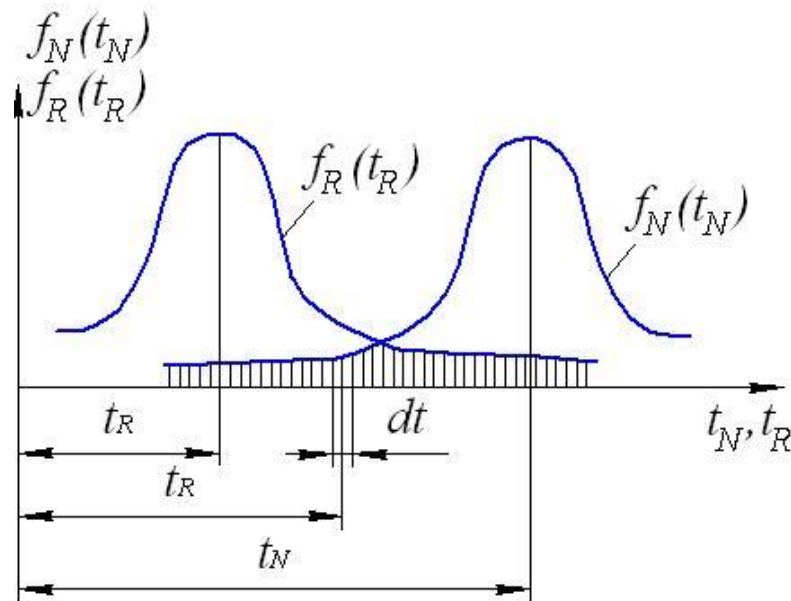


Рис. 4.6 – Схема перехрещення щільностей розподілення ймовірностей відмов

У відповідності з поняттям надійності відновлення

$$F = F(t_R^* \geq t_N^*), \quad (4.3)$$

Із графіків щільностей розподілу (рис. 4.6) можна зробити висновок, що шукана надійність визначається площиною, утвореною перехрещенням гілок функцій  $f_N(t)$  і  $f_R(t)$ .

Розглянемо інтервал  $d_i$  в зоні перекриття гілок.

Ймовірність в інтервалі  $d_i$  буде дорівнювати добутку ймовірностей двох

події, тобто

$$dp = f_R(t_R) \cdot \int_{t_R}^{\infty} f_N(t_N) dt_N. \quad (4.4)$$

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

$$P(\Delta t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_R(t_R) \left[ \int_{t_R}^{\infty} f_N(t_N) dt_N \right] dt_R. \quad (4.5)$$

Антологічними міркуваннями, фіксуючи  $t_N^*$  і змінюючи  $t_R$  можливо отримати аналогічне вираження

$$P(\Delta t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_N(t_N) \left[ \int_{-\infty}^{t_N} f_R(t_R) dt_R \right] dt_N. \quad (4.6)$$

За допомогою інтервалу (4.5) можливо визначити імовірність перевищення однієї величини над іншою. Виходячи із вищеведеного, в подальшому будемо називати інтеграл перетину щільностей інтегралом перевищення або імовірністю перевищення однієї величини над іншою.

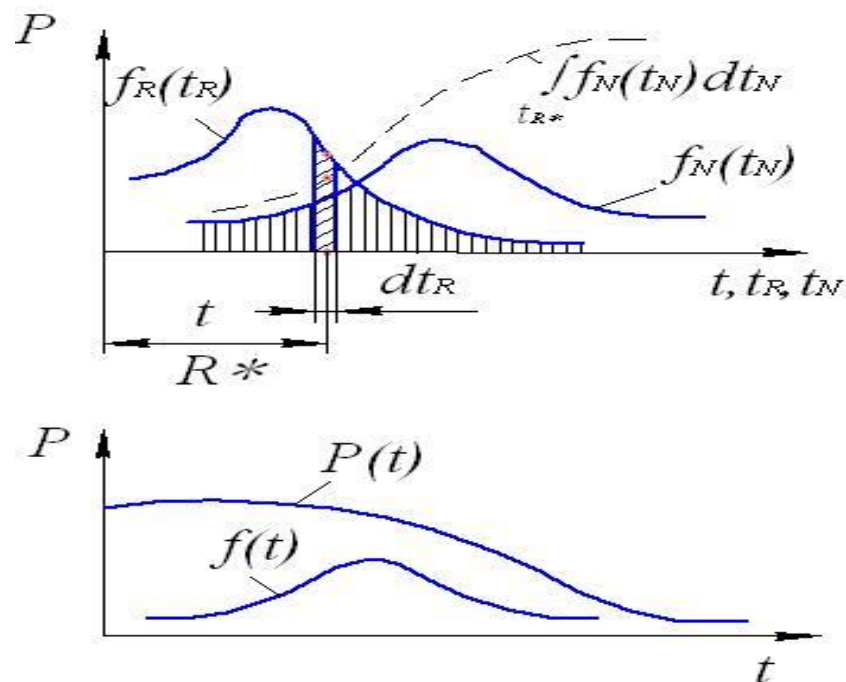


Рис. 4.7 – Схема для інтеграла перехрещення розподілень

Інтеграл перехрещення щільностей в формі згортки. Суму (або різницю) двох незалежних випадкових величин таких як  $t_R$  і  $t_N$ :

$$\Delta t = t_R + t_N \quad (4.7)$$

В теорії імовірності називають композицією.

Якщо відомі щільності розподілень  $f_N(t_N)$  і  $f_R(t_R)$ , то внаслідок їх незалежності щільність ймовірності величини  $\Delta t$  в точках  $t_R$  і  $t_N$  дорівнює добутку

$$f(t_R, t_N) = f_R(t_R) f_N(t_N), \quad (4.8)$$

а щільність імовірності величини  $\Delta t$  для всього діапазону величин  $t_R$ ,  $t_N$  дорівнює

$$f(\Delta t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_N(t_N) f_R(\Delta t - t_N) dt_N, \quad (4.9)$$

або

$$f(\Delta t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_N(\Delta t - t_R) f_R(t_R) dt_R, \quad (4.10)$$

Функція розподілення імовірності величини  $\Delta t$  визначається за допомогою інтеграла

$$F(\Delta t) = \int_{-\infty}^{\Delta t} \left[ \int_{-\infty}^{\infty} f_N(t_N) f_R(\Delta t - t_N) dt_N \right] d(\Delta t), \quad (4.11)$$

або

$$F(\Delta t) = \int_{-\infty}^{\Delta t} \left[ \int_{-\infty}^{\infty} f_N(\Delta t - t_R) f_R(t_R) dt_R \right] d(\Delta t). \quad (4.12)$$

Вище наведені інтеграли називаються інтегралами типу згортки.

Інтеграл перетину щільностей дає можливість визначити відносну надійність відновлення, тобто надійність відновлених виробів щодо нових.  $F(\Delta t)$  – ймовірність перевищення наробітку відновлених виробів над наробітком нових виробів, а величина  $P(\Delta t) = 1 - F(\Delta t)$  – ймовірність перевищення наробітку нових виробів.

В якості першого варіанту критерію надійності (якості) відновлення є ймовірність або надійність перевищення  $F = F(t_R \geq t_N)$ .

Нормування  $F$  діленням на величину  $F(\overline{t_R} = \overline{t_N})$ . Деяка незручність в використанні цього критерію  $F$  полягає в тому, що при рівності середніх значень  $\overline{t_R} = \overline{t_N}$  надійність перевищення буде дорівнювати не 1, а величині 0,5.

Тобто, при повній ідентичності якості нових і відновлюваних деталей відносна надійність відновлення буде дорівнювати тільки 0,5.

Поділимо відносну надійність відновлення на величину надійності при рівності середніх наробіток до відказу нових та відновлюваних деталей

$$F(\overline{t_R} = \overline{t_N})$$

$$K_F = \frac{F(\overline{t_R} \geq \overline{t_N})}{F(\overline{t_R} = \overline{t_N})}, \quad (4.13)$$

при цьому величина  $F(\overline{t_R} = \overline{t_N})$  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

$$K_{F/P} = \frac{F(\Delta t)}{1 - F(\Delta t)} = \frac{F(\Delta t)}{P(\Delta t)}, \quad (4.14)$$

тобто відношення вірогідності перевищення відновлюваних виробів до імовірності перевищення нових виробів.

В цьому випадку, як і за критерієм відносної надійності якості відновлення, при рівності середніх  $\overline{t_R} = \overline{t_N}$  коефіцієнт якості відновлення буде дорівнювати одиниці, однак, для проміжних значень  $K_F$  більш чуттєвий до якості відновлення і більше відображає його суть.

Прагнення зрівняти дві різні функції розподілення призводить до необхідності подати кожен з них одним числом. Таким числом може бути інтеграл від функції розподілення по всій області її існування.

1) інтеграл від функції розподілення наробіток до відказу відновлюваних виробів  $F(t)$  в інтервалі від  $-\infty$  до  $+\infty$



$$F_{RR} = \int_{-\infty}^{\infty} F_R(t) dt ; \quad (4.15)$$

2) інтеграл від функції надійності

$$P_{NN} = \int_{-\infty}^{\infty} P_N(t) dt \quad (4.16)$$

Часткові точкові критерії оцінки надійності відновлення.

В якості критеріїв надійності відновлення можуть бути взяті різні погоджені точки на заданих двох функціях надійності або функцій відказів за співвідношеннями (рис. 4.7)

$$K_{ti} = \frac{F_R(t_{Ri})}{F_N(t_{Ri})}, \quad (4.17)$$

$$K_{tF} = \frac{t_R(F_{Ri})}{t_N(F_{Ni})}, \quad (4.18)$$

або відповідно використовуючи функції надійності

$$K_P = \frac{P_R(t_{Ri})}{P_N(t_{Ni})}, \quad (4.19)$$

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

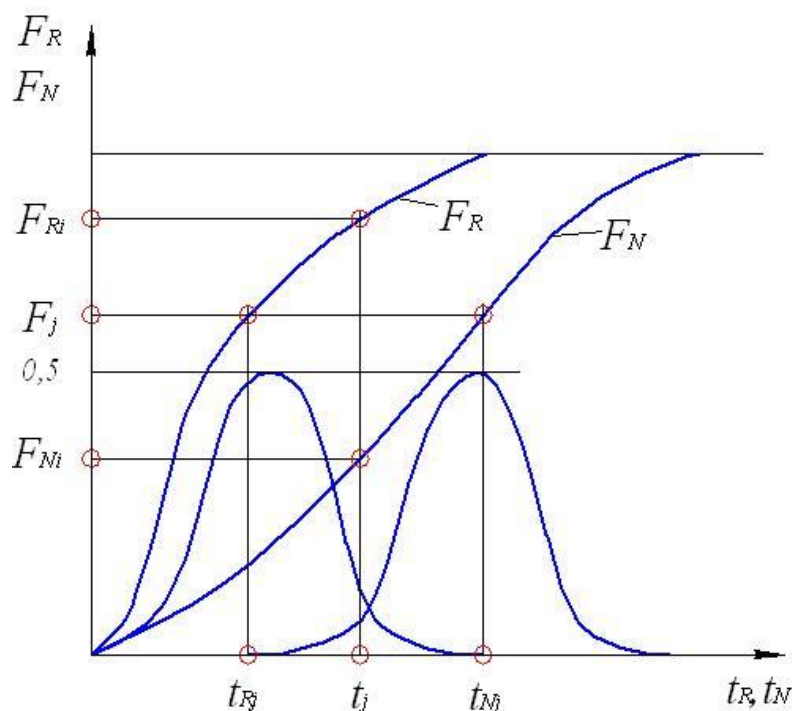


Рис. 4.7 – Точкові оцінки ймовірності перевищення

Найбільш простим і який часто використовується є критерій якості

відновлення як відношення середніх значень наробіток до відмови

$$K_t = \frac{\overline{(t_R)}}{\overline{(t_N)}}. \quad (4.21)$$

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 (4.6) 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 ( $t_R > t_N$ )

$$N_R = N \cdot F(t_R > t_N), \quad (4.22)$$

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 відновлених виробів при  $\overline{t_R} < \overline{t_N}$ , очевидно необхідно, щоб функції щільності розподілення відмов відновлених 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. 4.8).

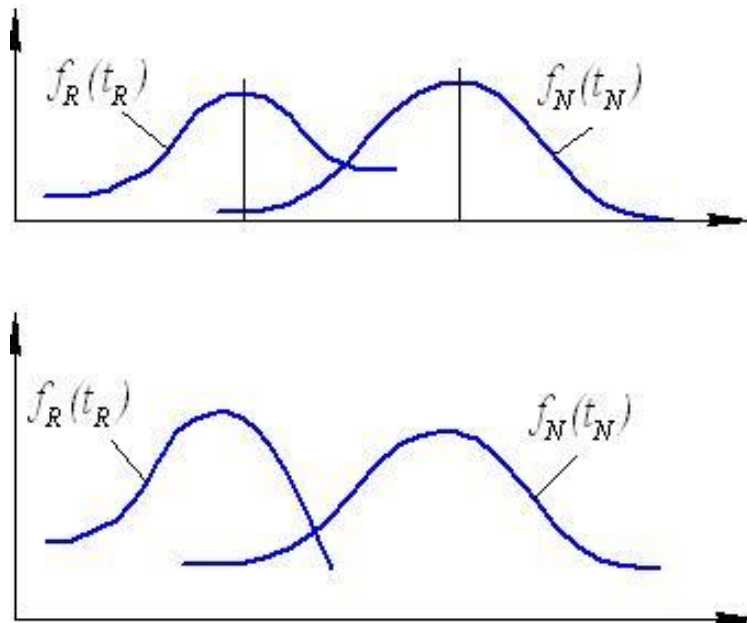


Рис. 4.8 – Види розподілень наробіток до відмов

Є достатньо інформаційним і чуттєвим критерієм відношення ймовірностей перевищення та зниження

$$K_{F/P} = \frac{F}{P}. \quad (4.23)$$

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

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

$$\lambda(t) = \frac{\Delta N}{\Delta t} \cdot \frac{1}{N(t)}. \quad (4.24)$$

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

#### 4.4 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 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати чисельного розрахунку критеріїв

$n \cdot \frac{\overline{(t_N)}}{\overline{(t_R)}}$	$u_P$	$F(n)$	$K_F$	$K_{F/P}$	$K_t = \frac{\overline{(t_R)}}{\overline{(t_N)}}$
0,0	3,03	0,999	1,998	999	$\infty$
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  $\overline{t_R} = \overline{t_N}$  імовірність перевищення наробітку до відмови відновлених деталей рівна  $F=0,5$ .

Із цього факту слідує, що коефіцієнт якості відновлення завжди в два рази більше імовірності перевищення

$$K_F = 2 \cdot F. \quad (4.25)$$

При відношенні середніх наробіток  $\overline{t_R} = \overline{t_N} = 1$ ,  $K_F = (\overline{t_R} = \overline{t_N}) = 1$  також рівний одиниці, як і коефіцієнт відношення перевищення та зниження.

Поглянувши на (рис.4.8), видно, що функція  $K_{F/P}$  при  $\overline{t_R} < \overline{t_N}$  дає менше

значення коефіцієнтів, ніж функція  $K_F$ . Наприклад, при  $K_{\frac{t}{t_N}} = \frac{\overline{(t_R)}}{\overline{(t_N)}} = 0,5$ ,  
 $K_F = 0,177$ ,  $K_{F/P} = 0,097$ , то величини збільшуються в два рази.

Важливо помітити наступне. В інтегралі імовірності перевищення границя інтегрування величини  $t_N$  взяті від  $-\infty$  до  $+\infty$ . При цьому інтегрується щільність розподілення перевищень. Можливо було б чекати, що цей інтеграл дорівнює одиниці. Однак він не дорівнює одиниці так як внутрішнім інтегралом інтегрується тільки частина розподілення з умовою  $t_R > t_N$ .

Інтеграл від функції розподілу (4.16) при нормальному розподілі дорівнює  $P_{RR} = \overline{t_R}$ , тобто є середнім значенням наробітку до відмови відновлюваного виробу.

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

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Заходи безпеки праці на дільниці

Система класифікації безпеки лазерів досить полегшує вироблення необхідних заходів безпеки. На практиці, стандарти і кодекси лазерної безпеки, звичайно, вимагають застосування більш жорстких заходів контролю для кожного більш високого класу лазерів.

Перше правило лазерної безпеки:

Ніколи ні за яких обставин не дивіться очами на лазерний промінь!

Якщо ви зможете запобігти потраплянню лазерного променя і його відображень в око, ви зможете уникнути хворобливих і, можливо, засліплюючих травм.

На ділі, завжди бажано повністю закрити лазер і траєкторію проходження променя для того, щоб зробити недоступним потенційно небезпечне лазерне випромінювання. Іншими словами, якщо на робочому

місці використовуються тільки лазерні пристрої класу 1, то безпека гарантована. Однак у багатьох ситуаціях це просто не реально, і тому потрібно підготовка робітників в галузі безпечного використання лазерів і заходів контролю безпеки.

Крім дотримання очевидного правила - не направляти лазер людині в очі - для лазерних пристроїв класу 2 не потрібно інших заходів контролю. Для лазерів більш високих класів, безсумнівно, потрібно застосування заходів безпеки.

Якщо загальне загорожування лазера класу 3 або 4 неможливо, то використанням корпусів для променів (наприклад, труб), дефлекторів (екранів) і оптичних заслонів можна в більшості випадків, фактично, усунути ризик небезпечної експозиції очей.

Коли загорожування лазера класу 3 або 4 неможливо, то необхідно створити контрольовану лазером ділянку з контрольованим входом. Використання засобів анти-лазерного захисту очей всередині зони номінальної безпеки (NHZ) лазерного променя є обов'язковим. Хоча в більшості

дослідних лабораторій, де використовуються колімаційні лазерні промені, NHZ включає в себе всю контрольовану лабораторію, для пристроїв із сфокусованим променем NHZ може бути надзвичайно обмеженою і не охоплювати всю кімнату.

При роботі з лазерами необхідно мати окуляри, що захищають від лазерного випромінювання. Захисні окуляри потрібні навіть для лазера 15мВт, так як без них очі сильно втомлюються. Для захисту очей не можна використовувати сонцезахисні окуляри!

Ступінь захисту окулярів від лазерного випромінювання вимірюється в OD. OD значить Optical Density - оптична щільність. Оптична щільність показує, у скільки разів очки послаблюють світло. Одиниця означає «в 10 разів». Відповідно, «оптична щільність 3» означає ослаблення в 1000 разів, а

6 - в мільйон. Правильна оптична щільність для видимого лазера така, щоб після окулярів від прямого попадання лазера залишилася потужність, що відповідає класу II (максимум десь 1 мВт). Для невидимого - чим більше, тим краще.

Від червоного і деяких інфрачервоних лазерів захищають вітчизняні окуляри марки ДТ-22 С3-С22. Вони схожі на окуляри зварювальника, але мають скло синього кольору .

Класична методика оцінки професійного ризику здійснюється за формулою (Британський стандарт 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 5.1). У таблиці 5.1 показані тяжкість наслідків та ймовірність події, за яких визначають професійний ризик.

Таблиця 5.1 - 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 5.1 визначаємо категорію ризику (5 – дуже високий ризик, неприпустимий). Отже, запланована робота не може бути розпочата до встановлення огороження.



## 5.2 Організація та структура цивільної оборони на об'єкті

Об'єкти господарської діяльності – виробничі підприємства (державні і приватні), організації, установи та ін., де найбільш повно вирішується весь обсяг завдань ЦО з питань проведення заходів щодо зменшення ризику виникнення НС і захисту працівників та інших груп населення, проведення рятувальних і інших невідкладних робіт вразі їх виникнення.

Цивільна оборона на об'єктах організовується з метою попередньої підготовки до захисту працівників в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу.

На цивільну оборону об'єкта покладені такі основні обов'язки:

1. Оповіщення працівників при загрозі виникнення стихійного лиха, катастроф чи воєнних дій.
2. Забезпечення захисними спорудами працюючої зміни, підтримка в стані постійної готовності захисних споруд ЦО.
3. Проведення заходів, щодо забезпечення стійкості роботи об'єкта в мирний час.
4. Створення, підготовка і підтримка в постійній готовності сил ЦО об'єкта.

Начальником ЦО об'єкта є його керівник. Він несе повну відповідальність за забезпечення захисту виробничого персоналу, а на небезпечних об'єктах і населення, яке проживає в небезпечній зоні об'єкта; постійну готовність органів управління, сил і засобів проведення рятувальних робіт. Начальник ЦО об'єкта підпорядковується відповідним посадовим особам відомства, у підпорядкуванні якого знаходиться об'єкт, а в оперативному відношенні начальнику ЦО державного органу управління за місцем розташування об'єкта.

Обов'язками начальника цивільної оборони є:

- організація ЦО та повсякденне керівництво нею;
- організація роботи комісій, що забезпечують цивільний захист особового складу об'єкта;
- організація забезпечення евакуації і розосередження робітників і

службовців та членів їх сімей у НС мирного і воєнного часу;

- забезпечення сховищами працюючої зміни, підтримка в стані постійної готовності захисних споруд ЦО;
- проведення заходів, що забезпечують стійкість роботи об'єкта в мирний та воєнний час;
- створення, підготовка і підтримка в постійній готовності сил ЦО об'єкта;
- організація стійкого управління, зв'язку та оповіщення, керівництво розробкою плану ЦО об'єкта;
- організація навчання особового складу об'єкта та населення, яке проживає в межах зони небезпечного об'єкта;
- керівництво аварійно-рятувальними та іншими невідкладними роботами на об'єкті.

На великих об'єктах призначаються:

- заступник начальника ЦО об'єкта по евакуації і розосередженню робітників та службовців;
- заступник по інженерно-технічній частині;
- заступник по матеріально-технічному забезпеченню.

На всіх об'єктах створюється штаб ЦО, який комплектується з штатних працівників та посадових осіб об'єкта.

Завданнями штабів цивільної оборони є:

- розробка і своєчасне коригування плану дій органів управління, сил щодо попередження і ліквідації НС;
- підтримання в постійній готовності формувань ЦО до виконання завдань в осередках масового ураження людей, зонах стихійного лиха, аварій і катастроф;
- організація розвідки;
- забезпечення надійного зв'язку з галузевими та територіальними органами управління в системі ЦО;
- розгортання пунктів управління, їх переміщення і охорона;
- забезпечення діяльності сил ЦО, які знаходяться у зонах виникнення НС.

матеріально-технічного забезпечення, охорони громадського порядку, сховищ та укриттів, аварійно-технічна, транспортна, медична, протирадіаційного і протихімічного захисту. В залежності від специфіки об'єкта і інші служби ЦО (захисту продовольства, води і т. ін.).

**Служба оповіщення та зв'язку** створюється на базі вузлів (об'єктів) зв'язку. В обов'язки служби входять: оповіщення керівного, командно-начальницького складу, працівників об'єкта і населення, що проживає поблизу об'єкта про загрозу та виникнення аварій, катастроф та стихійного лиха чи надзвичайних ситуацій воєнного характеру; організація зв'язку і підтримання його у постійній готовності; ліквідація наслідків аварійних ситуацій на об'єктах зв'язку та в осередках ураження.

**Служба матеріально-технічного забезпечення** створюється на базі відділу матеріально-технічного забезпечення об'єкта. На неї покладається розробка плану матеріального і технічного забезпечення, повне та своєчасне забезпечення формувань всіма засобами оснащення, організація ремонту техніки і різного майна, підвіз його до діляниць робіт, зберігання і облік, забезпечення продовольством, предметами першої необхідності робітників та службовців на об'єктах та в місцях розосередження.

**Служба охорони громадського порядку** створюється на базі служби охорони об'єкта. На неї покладається забезпечення надійної охорони об'єкта, громадського порядку при аваріях, катастрофах, стихійному лиху, при загрозі воєнних дій та під час проведення рятувальних робіт, допомога по своєчасному укриттю працюючих за сигналами ЦО, контролювання режиму світломаскування.

**Служба сховищ та укриттів** організовується на базі відділу капітального будівництва, житлово-комунального відділу, будівельного цеху. На неї покладається проведення розрахунків сховищ для робітників, службовців і членів їх сімей, забезпечення готовності сховищ та контролювання відповідної їх експлуатації, організація будівництва сховищ найпростішого типу, забезпечення своєчасного заповнення сховищ за сигналом ЦО, участь у рятувальних роботах при завалах сховищ.

**Аварійно-технічна служба** створюється на базі відділу головного

механіка. Ця служба розробляє і здійснює попереджувальні заходи, що підвищують стійкість основних споруд, спеціальних інженерних мереж та комунікацій в НС, здійснює роботи з локалізації та ліквідації аварій на мережах та комунікаціях об'єкта, спорудах, розбирає завали і рятує людей.

**Транспортна служба** організовується на базі транспортних відділів, цехів, гаражів об'єкта. Вона розробляє і здійснює заходи по забезпеченню перевезень, пов'язаних з евакуацією, розосередженням робітників і службовців та доставкою їх до місця роботи, організовує підвезення сил і засобів до осередків ураження, пристосовує транспорт для перевезення робітників і службовців, евакуації уражених, проводить роботи по знезараженню транспорту.

**Медична служба** організовується на базі медичного пункту. На неї покладається організація і проведення санітарно-гігієнічних та профілактичних заходів, надання медичної допомоги потерпілим та евакуація їх у лікувальні установи, здійснення заходів санітарної обробки уражених, медичне забезпечення робітників та службовців і членів їх сімей в місцях їх розосередження.

**Служба протирадіаційного і протихімічного захисту** організовується на базі хімічної лабораторії. На неї покладається розробка і здійснення заходів щодо захисту робітників і службовців, джерел водозабезпечення, харчовальних блоків, складів продовольства від радіоактивних та хімічних речовин, організація та підготовка протирадіаційних, протихімічних формувань, контролювання стану індивідуальних та колективних засобів захисту і спеціальної техніки; організація радіаційного і хімічного спостереження та здійснення дозиметричного контролю за опроміненням особового складу, проведення заходів з ліквідації наслідків радіоактивного і хімічного зараження.

Для досягнення злагодженості в роботі керівного та командно-начальницького складу, формувань, робітників і службовців об'єкта в цілому при виконанні заходів щодо запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру, відновлення життєдіяльності об'єкта та ведення заходів з ЦО, проводяться об'єктові тренування.

**Об'єктові тренування** є вищою формою підготовки органів управління,

керівного і командно-начальницького складу ЦО та навчання працівників підприємств, установ і організацій з питань захисту життя і здоров'я та порядку дій у НС.

На об'єктах проводяться комплексні (один раз на три роки) і об'єктові (один раз на рік) тренування, які за призначенням в свою чергу поділяються на планові, показові і дослідні.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

При оцінці тієї чи іншої технології відновлення та зміцнення доцільно використовувати методи перехрещення щільностей функцій розподілу за критеріями надійності.

В якості критеріїв надійності відновлення можуть бути взяті різні погоджені точки на заданих двох функціях надійності або функцій відказів.

Методи порівняльного аналізу критеріїв надійності розроблено.

Комплексна оцінка ефективності критеріїв надійності. Для того, щоб скласти уявлення про критерії надійності відновлення, зроблено чисельний аналіз для конкретних чисельних даних, при коефіцієнті варіювання  $V_R = V_N = 0,33$ . За даними розподілення ймовірностей відмов нових і відновлених валів, які підпорядковуються експоненційному закону, зроблена комплексна оцінка для порівняння технологій відновлення.

Технологічна карта дефектування валу заднього валу відбору потужності розроблена. Проведено аналіз технологічних способів відновлення, де спосіб електролітичного залізнення є найбільш продуктивним для відновлення валу заднього ВВП. Для наплавлення шліців наведено модернізоване пристосування.

Наведено розрахунки фондів часу, трудомісткості робіт, числа робітників на гальванічній дільниці, що проектується. Обране необхідне технологічне устаткування і розроблене планування дільниці по відновленню валів заднього ВВП. Проведений розрахунок природного та штучного освітлення.

Наведені розрахунки капітальних вкладень, при проектуванні нової гальванічної дільниці по відновленню валу. Проведено розрахунок собівартості для відновлення валу заднього ВВП та розрахунок собівартості модернізованої установки.

**БІБЛІОГРАФІЯ**

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. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. /В.Т. Павлице/ 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 I) 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 II) 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.