

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**  
Кафедра надійності і ремонту машин

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломної роботи  
освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РЕМОНТУ ОБЛАДНАННЯ  
ТВАРИНИЦЬКИХ ФЕРМ ЗАСТОСУВАННЯМ  
РАЦІОНАЛЬНИХ РЕМОНТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
МЕТОДІВ**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМз-1-20  
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Свіренко Карина Вячеславівна

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Мельянцов Петро Тимофійович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

# ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
завідувач кафедри  
**НРМ**

(назва кафедри)

**Д.Т.Н, проф.**

(вчене звання)

**Дирда В. І.**

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

## **ЗАВДАННЯ** **НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Свіренко Карині Вячеславівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** «Підвищення якості ремонту обладнання тваринницьких ферм застосуванням раціональних ремонтно-технологічних методів»

керівник роботи Мельянцов Петро Тимофійович, к.т.н., доцент

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

затверджена наказом вищого навчального закладу від

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року № \_\_\_\_\_

**2. Строк подання студентом роботи** \_\_\_\_\_

**3. Вихідні дані до роботи** Аналіз експлуатаційної надійності машин і обладнання тваринницьких ферм. Існуючі технологічні процеси ремонту засобів механізації тваринницьких комплексів, та способи відновлення деталей.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити 1. Стан питання та задачі дослідження. 2. Теоретичне обґрунтування вибору раціональних ремонтно-технологічних впливів 3. Програма та методика експериментальних досліджень. 4. Результати експериментальних досліджень та їх аналіз 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна оцінка результатів досліджень. Висновки. Бібліографічний список.

### 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень (3 арк. А4). 2. Теоретичні дослідження (2 арк. А4).  
 2. Методика експерименту (1 арк. А4). 3. Експериментальні дослідження  
 (5 арк. А4) 4. Економічні показники (1 арк. А4). 5. Висновки (3 арк. А4)

### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Мельянцов П. Т., доцент		
2	Мельянцов П. Т., доцент		
3	Мельянцов П. Т., доцент		
4	Мельянцов П. Т., доцент		
5	Кравець В. В., доцент		
6	Вініченко І. І., професор		
нормоконтроль	Мельянцов П. Т., доцент		

7. Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 30.09.2021 р.	
2	Теоретичний	до 30.10.2021 р.	
3	Експериментальний	до 12.01.2021 р.	
4	Охорона праці	до 25.01.2022 р.	
5	Економічний	до 04.02.2022 р.	
6	Демонстраційна частина	до 06.02.2022 р.	

Студент

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Свіренко К. В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Мельянцов П. Т.  
(прізвище та ініціали)



## АНОТАЦІЯ

Свіренко К. В. «Підвищення якості ремонту обладнання тваринницьких ферм застосуванням раціональних ремонтно-технологічних методів» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Технічний сервіс»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2022 р.

Робота включає в себе шість розділів. В першому розділі розглянуто особливості експлуатації обладнання тваринницьких комплексів та проведено аналіз експлуатаційної надійності машин і обладнання тваринницьких ферм та методів вибору технологічних процесів його ремонту.

В другому розділі розглядаються теоретичні питання з обґрунтування стратегії технічного обслуговування та ремонту машин обладнання тваринницьких ферм та розглядаються моделі вихідних параметрів сполучень деталей відремонтованого обладнання.

В третьому розділі наводиться загальна програма і методика експериментальних досліджень для виявлення фізико-механічних властивостей відновлених поверхонь деталей.

В четвертому розділі представлені результати досліджень фізико-механічних властивостей відновлених поверхонь деталей.

В п'ятому розділі розглянуто питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

В шостому розділі наводяться техніко-економічні розрахунки.

**Ключові слова:** обладнання тваринницьких ферм, зношення, дефект, технологія, відновлення, роботоздатність, надійність.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
1.1 Особливості експлуатації обладнання тваринницьких комплексів .....	10
1.2 Аналіз експлуатаційної надійності машин та обладнання тваринницьких ферм.....	11
1.3 Методи вибору технологічних процесів ремонту обладнання тваринницьких ферм.....	18
1.4 Мета та завдання досліджень .....	25
2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕМОНТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВПЛИВІВ.....	26
2.1 Обґрунтування стратегії технічного обслуговування та ремонту машин обладнання тваринницьких ферм .....	26
2.2 Дослідження механізму виникнення відмови у деталях машин .....	30
3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	36
3.1 Програма досліджень.....	36
3.2 Методика проведення мікрометражу.....	36
3.3 Методика визначення фізико-механічних властивостей відновлених поверхонь молотка дробарки.....	38
3.4 Методика відновлення валу кормороздатчика.....	41
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ .....	44
4.1 Результати дослідження фізико-механічних властивостей відновленої поверхні молотка дробарки .....	44
4.2 Результати впливу поверхневого пластичного деформування на показники твердості та шорсткості відновлених поверхонь валу .....	48
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	52
5.1 Організація охорони праці в лабораторії з відновлення деталей .....	52

	6
5.2 Аналіз умов праці та пожежної безпеки в лабораторії з відновлення деталей.....	54
5.3 Заходи поліпшення умов праці в лабораторії.....	55
5.4 Вимоги з охорони праці при проведенні електрозварювальних робіт.....	58
5.5 Дії у надзвичайних ситуаціях при проведенні зварювальних операцій.....	60
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	62
6.1 Характеристика об'єкта дослідження .....	62
6.2 Проектні рішення і розрахунок потреби в інвестиціях.....	62
6.3 Розрахунок собівартості відновлювальних робіт.....	64
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	72
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	75

## ВСТУП

Насичення ферм машинами та обладнанням, їх реконструкція, будівництво великих тваринницьких комплексів та птахофабрик створили цілу систему тваринницьких приміщень, що розрізняються за видами худоби та птиці, за потужністю та оснащеністю обладнанням.

Важливою вимогою для засобів механізації тваринницьких комплексів являється забезпечення постійної технічної готовності машин та обладнання. Можливі перерви технологічних процесів приводять до значних втрат продукції та захворювань тварин.

Для забезпечення ефективного використання та надійної роботи засобів механізації у тваринництві з'явилися різні форми організації робіт з технічного обслуговування та ремонту [1].

На сьогоднішній день питання організації технічного обслуговування і ремонту машин та обладнання тваринницьких ферм не в повній мірі вирішують задачі своєчасного підтримання та відновлення їх роботоздатного стану. В значній мірі такий стан обумовлюється розбудовою як структури тваринницьких комплексів, так і виробничих підрозділів технічного сервісу в результаті переходу роботи господарств і підприємств на ринкові відносини.

Суттєво це вплинуло на стан об'єктів ремонтно-обслуговуючої бази сервісних підприємств, які займались технічним обслуговуванням і ремонтом обладнання тваринницьких ферм. Відсутність замовлень від виробника продукції тваринництва на проведення ремонтно-обслуговуючих робіт привело до закриття сервісних підприємств.

В той же час на тваринницьких комплексах почало застосовуватись імпортне обладнання, яке за складністю обслуговуючих і ремонтних робіт потребує залучення заводу-виробника даної продукції для виконання даних робіт. Наявність такої ситуації сформувала таку форму організації ремонтно-обслуговуючих робіт, як фірменний технічний сервіс [2].

Його наявність з організаційної точки зору забезпечує роботами з технічного обслуговування тільки підприємства, що мають, як правило,



імпортне обладнання, і практично він не залучається до роботи з підприємствами, які оснащені вітчизняним обладнанням тваринницьких ферм.

Водночас, існуюча ремонтно-обслуговуюча сервісних підприємств не в змозі ефективно проводити роботи з обслуговування та ремонту імпортного обладнання в зв'язку з відсутністю нормативно-технічної документації та обладнання.

Усунення даних недоліків потребує від сервісних підприємств пошуку нових форм організації технічного сервісу, впровадження передових технологій з ремонту як вітчизняного, так і імпортного обладнання тваринницьких ферм. Впровадження даних заходів потребує від виробничих підрозділів аналітичних і емпіричних досліджень з обґрунтування ефективних технологічних процесів з відновлення деталей, методів передремонтного діагностування обладнання та контролю технічного стану деталей, нормування структурних параметрів технічного стану деталей імпортного обладнання та ін.

В зв'язку з цим **метою роботи** являється підвищення якості ремонту обладнання тваринницьких ферм та відновлення деталей за рахунок застосування раціональних ремонтно-технологічних методів.

В відповідності до мети ставляться наступні **задачі дослідження**:

1. Провести аналіз експлуатаційної надійності машин та обладнання тваринницьких ферм та виявити причини втрати їх роботоздатності.
2. Визначити статистичну оцінку появи дефектів у деталей за їх групами.
3. Обґрунтувати ефективну стратегію проведення ремонтно-обслуговуючих робіт для обладнання тваринницьких ферм.
4. Розробити способи відновлення ресурсолімітуючих деталей обладнання для кормоприготувальних та кормороздаточних машин.
5. Експериментально дослідити фізико-механічні властивості поверхонь деталей, відновлених запропонованими способами.
6. Провести техніко-економічну оцінку запропонованих рішень.

**Об'єкт досліджень** – машини та обладнання тваринницьких ферм та процеси впливу на їх роботоздатність.

**Предмет досліджень** – процеси зміни структурних параметрів технічного стану деталей та способи відновлення їх роботоздатного стану.

**Апробація роботи.** Прийнято участь у всеукраїнській студентській науково-практичній конференції: «Інжиніринг агропромислового виробництва» – (Дніпро: ДДАЕУ, 2021).

**Публікації.** Свіренко К. В. Обґрунтування організаційно-технологічних заходів з підвищення якості ремонту обладнання тваринницьких ферм / К. В. Свіренко // Інжиніринг агропромислового виробництва: матеріали Всеукр. студ. наук.-практ. конф. – Дніпро: ДДАЕУ, 2021. – С. 30-32.

## 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Особливості експлуатації обладнання тваринницьких комплексів

Організація виробничого процесу на механізованих фермах та комплексах базується на використанні машин.

На діючих тваринницьких комплексах широке застосування отримали технологічні лінії, які дозволяють механізувати доїння та первинну обробку молока, годування тварин та очищення приміщень від гною.

Технологічна лінія доїння та первинної обробки молока забезпечує доїння, облік, очищення, охолодження, зважування та навантаження молока у транспортні засоби.

Лінія годівлі худоби включає механізми навантаження, підготовки до згодовування і роздачі кормів тваринам.

За допомогою технологічних ліній видалення гною здійснюється очищення приміщень, транспортування у сховища (гноезбірник) та навантаження гною в транспортні засоби.

Перехід тваринництва на індустріальну основу підвищує рівень комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів. Це висуває більш жорсткі вимоги до роботи устаткування на комплексах, оскільки зупинка будь-якого механізму призводить до простою не тільки окремих машин, а й цілих технологічних ліній.

Високий рівень механізації та автоматизації технологічних процесів на комплексах вимагає постійної готовності обладнання, коефіцієнт готовності якого має бути не менше 0,98. Його зменшення приводить до появи експлуатаційної відмови агрегату, що приводить до виробничих втрат.

Сучасні механізовані ферми та комплекси не мають дублюючих механізмів, тому технічне обслуговування та ремонтні роботи необхідно проводити без зупинки та порушення технології виробництва, у стислі строки. Це висуває більш високі вимоги до рівня інженерної роботи з організації продуктивного використання, технічного обслуговування та

ремонту машин у тваринництві, підтримці його постійної технічної готовності.

При цьому на фермах до складу технологічних ліній з виконання певних операцій входить не більше двох одиниць обладнання, а на комплексах, наприклад, при доїнні корів та первинній обробці молока одночасно діє шість одиниць обладнання, при приготуванні та роздачі кормів – одинадцять, збиранні гною – чотири одиниці. Вентиляційно-опалювальне обладнання працює за особливим циклом [3].

Необхідно враховувати, що обладнання технологічних ліній комплексу працює в єдиному технологічному циклі зі строго визначеною тривалістю. Тому організація робіт з періодичного технічного обслуговування та ремонту обладнання будується у суворій відповідності з цим циклом і потребує особливих вимог.

Разом з тим тривалість роботи окремих ліній залежить від розпорядку роботи комплексу та режимів утримання тварин. Наприклад, роздача кормів тісно пов'язана з режимами доїння. Як правило, вона здійснюється в періоди між доїнням. В свою чергу приготування кормів узгоджується з часом роботи механізмів по їх роздачі.

Є очевидним, що несвоєчасне проведення будь-якої операції впливає на весь технологічний процес. Забезпечити надійну роботу обладнання протягом усього технологічного процесу має високий рівень організації ремонтно-обслуговуючих робіт.

## 1.2 Аналіз експлуатаційної надійності машин та обладнання тваринницьких ферм

На ринку тваринницького технологічного обладнання безліч пропозицій як від вітчизняних, так і зарубіжних компаній. Вітчизняне обладнання користується попитом завдяки меншій вартості, хоча за показниками автоматизації та екологічності значно поступається західним

аналогам. Постачання імпортного устаткування збільшуються з допомогою великих тваринницьких комплексів, які мають необхідні ресурси.

Є очевидним, що вітчизняне обладнання характеризується меншим напрацюванням на відмову і не завжди відпрацьовує гарантійний ресурс, в результаті виникає недотримання технологічних факторів на виготовлення деталей (відхилення від геометричної форми деталі при її виготовленні, невідповідність шорсткості робочої поверхні деталі та ін). Такий стан справи обумовлюється тим, що більшість існуючого технологічного обладнання, яке використовується на заводах для виготовлення деталей і обладнання в цілому для тваринницьких ферм, морально і фізично застаріле.

Дана тенденція характерна і для підприємств з технічного сервісу обладнання тваринницьких ферм. Відремонтоване обладнання та машини, як правило, не відпрацьовують післяремонтний ресурс в результаті низької якості відновлення деталей. В більшості випадків це обумовлюється відсутністю основного обладнання, яке забезпечить якісний ремонт, та застосуванням технологічних процесів, які не відповідають сучасним вимогам на забезпечення надійності відремонтованої продукції.

Для організації ефективної системи сервісу необхідно мати інформацію про експлуатаційну надійність машин та обладнання тваринницьких ферм та причини втрати їх роботоздатності.

Проведемо аналітичний огляд відмов та зносів обладнання в відповідності до переліку технологічного обладнання, яке застосовується в тваринництві.

*Стійлове обладнання.* Це технічно нескладне технологічне обладнання (ланцюги, рами, стійла, металеві огороження, труби, фурнітура, кріпильні з'єднання, підлога та ін.), в якому відсутні деталі, що труться. Дане обладнання більшою мірою схильне до корозійного зносу. Крім того, для стійлового обладнання характерні і механічні ушкодження внаслідок фізичної дії тварин. В роботі [4] наводиться статистична інформація щодо розподілення відмов для стійлового обладнання (рис. 1.1).



Рис. 1.1 – Розподілення відмов за вузлами та елементами стійлового обладнання

Аналіз розподілення відмов стійлового обладнання показав, що максимальна їх кількість припадає на стійла (корозійне зношення) та металеві огорожі (механічні пошкодження) – 43 %.

Відмови ланцюгів – 38 % і зношення кріпильних з'єднань – 19 % в основному обумовлюються механічними ушкодженнями внаслідок фізичної дії тварин.

Ремонт стійлового обладнання здійснюється власними силами тваринницьких підприємств. Основними способами ремонту є проведення зварювальних робіт, заміна зношених частин обладнання та кріплень.

*Технологічне обладнання систем годівлі* включає технологічну лінію, що складається з кормосховища, кормоприготування та кормороздачі. Обладнання, яке задіяне в системі годування, також схильне до корозійного та механічного зношення.

Результати відмов за елементами системи годівлі наводяться в роботі [4] і представлені на (рис. 1.2).

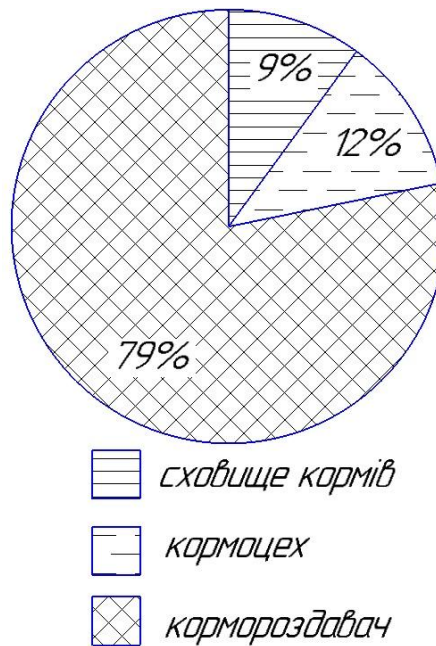


Рис. 1.2 – Співвідношення відмов за елементами системи годування

Аналіз розподілення відмов обладнання системи годування показує, що максимальна їх кількість – 79 % припадає на кормороздатчик. Такий стан справи обумовлюється тим, що у змішувачах-кормороздавачах головним чином виходять з ладу деталі та вузли, що рухаються і труться: приводні зірочки, ланцюги приводних валів, шнеки (у тому числі перемішуючий), вивантажувальний транспортер, шестерні, ножі та редуктори. Характер зносу механічний внаслідок інтенсивної експлуатації, потрапляння до змішувача сторонніх предметів (фізичні деформації).

Залежно від складності ремонт здійснюється власними силами або із залученням сторонніх фахівців для виконання складних ремонтів, коли виникає необхідність проведення відновлювальних робіт.

*Технологічне обладнання систем напування.* Основними вузлами системи напування є системи подачі води, які включають насосні станції та водопроводи.

Статистична інформація щодо розподілення відмов обладнання систем напування наводиться в роботі [4] (рис. 1.3).

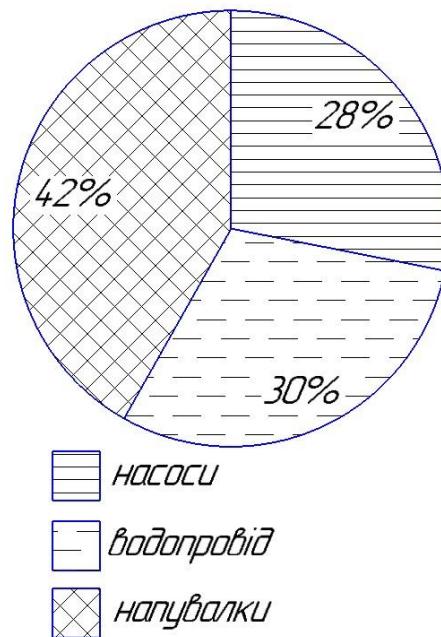


Рис. 1.3 – Розподіл відмов за елементами системи напування

Аналіз розподілу відмов показав, що в основному відмови системи напування пов'язані з несправністю: напувалок (у 42 % випадків); електродвигунів внаслідок коливання напруги в енергомережі та зносу крильчаток насосів (у 28 % випадків); системи водопроводу внаслідок корозійного зносу та фізичного дії (у 30 % випадків).

Масовою несправністю в системах напування є обрив крильчаток насосів. Ремонт агрегатів системи напування здійснюється власними силами заміною деталей і вузлів, що вийшли з ладу.

Знос водопроводу в основному пояснюється корозійними процесами. Однак має значення і людський фактор – з цієї причини виходить розморожування системи або її розрив. Ремонт водопроводу здійснюється підприємствами власними силами.

*Технологічне обладнання доїльних систем.* Основними вузлами та деталями, що виходять з ладу в системі доїння, є з'єднання трубопроводів, вакуумний та молочний насоси, пульсатори доїльних апаратів, датчики температури та компресори на установках охолодження молока, електродвигуни.



Оцінка експлуатаційної надійності обладнання доїльних систем розглядається в роботі [4] (рис. 1.4).

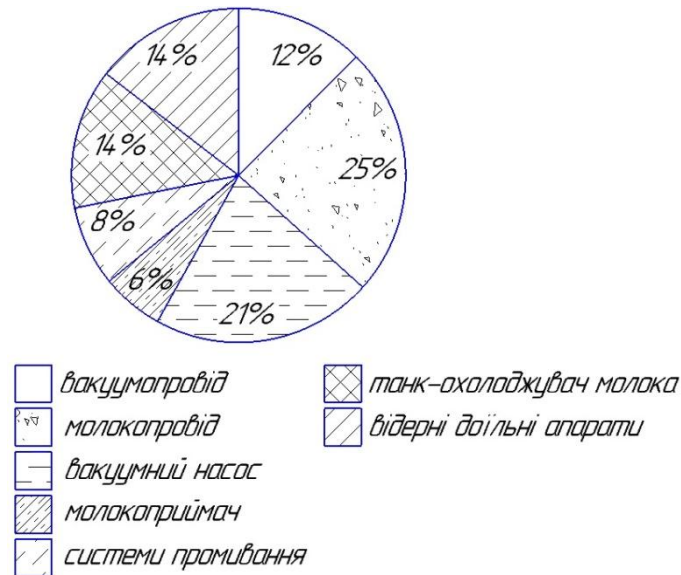


Рис. 1.4 – Розподілення відмов за елементами системи доїння

Для обладнання системи доїння характерні механічні пошкодження трубопроводів, зношування деталей качаючих вузлів молочного та вакуумного насосів.

Причинами порушення роботи доїльних апаратів можуть бути нещільне прилягання кришки відра до горловини, пульсатора – до підставки, колектора – до корпусу.

Ремонт технологічного обладнання систем доїння здійснюється власними силами спеціалістів підприємства, однак ремонт складного та імпортного обладнання здійснюється у спеціалізованих сервісних центрах висококваліфікованими спеціалістами.

*Технологічне обладнання системи гноєвидалення.* Система видалення гною зводиться до збору гною шляхом його згрібання з використанням скребкових транспортерів типу ТСН або дельта-скреперів. В основному в системі гноєвидалення виходять з ладу підшипники, зірочки, скребки, ланцюги, редуктори, електродвигуни.

Розподілення відмов елементів технологічного обладнання системи гноєвидалення розглянуто в роботі [4] (рис. 1.5).

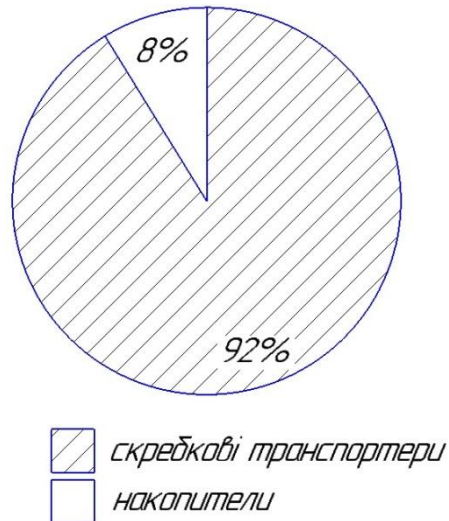


Рис. 1.5 – Розподілення відмов технологічного обладнання системи гноєвидалення

Аналіз розподілення відмов обладнання системи гноєвидалення показує, що максимальна їх кількість – 92 % припадає на скребкові транспортери. Такий розподіл відмов обумовлюється умовами роботи транспортерів (хімічно агресивне середовище, статодинамічний режим навантаження та ін.), які суттєво впливають на роботу пар тертя в вузлах та агрегатах системи гноєвидалення.

Ці вузли та деталі відновлюються переважно силами підприємств шляхом відновлення чи заміни.

Більш інтегральну оцінку за видами зношення деталей обладнання тваринницьких ферм представлено в роботі [2] (рис. 1.6).

Її аналіз показує, що в більшій мірі деталі зазнають корозійного зношення, яке варіюється в межах від 65 % у скотарстві та до 80 % свинарстві, що обумовлюється агресивністю середовища, в якому вони працюють. На механічне зношення деталей припадає 20 % в свинарстві та

35 % в скотарстві. Його поява обумовлюється недотриманням режимів та умов експлуатації обладнання та порушенням правил проведення технічного обслуговування.

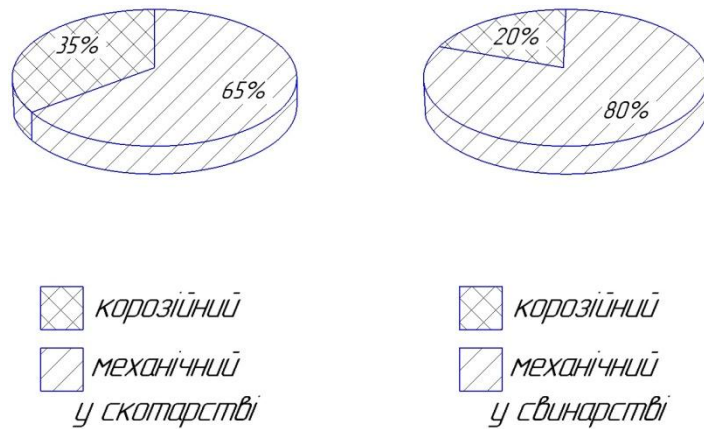


Рис. 1.6 – Вид зносу технологічного обладнання тваринницьких ферм та комплексів

Ремонт складного технологічного обладнання здійснюється в сервісних підприємствах шляхом повної заміни деталей, вузлів та агрегатів, що спричиняє значне подорожчання та збільшення термінів усунення відмов.

Такий стан справи обумовлюється відсутністю розроблених технологічних процесів з відновлення деталей та наявністю відповідного технологічного обладнання, що вказує на актуальність вирішення даного питання.

### 1.3 Методи вибору технологічних процесів ремонту обладнання тваринницьких ферм

Застосування технологічних процесів з відновлення деталей при ремонті обладнання тваринницьких ферм значно знижує собівартість ремонту, але при цьому відновлена деталь повинна відпрацювати

гарантійний ресурс. Забезпечення останньої умови, як правило, виконується при застосуванні прогресивних методів відновлення деталей в ремонтному виробництві.

Для усунення однойменних дефектів деталей використовують десятки методів. Робочі поверхні деталей ущільнювальних вузлів мобільних машин відновлюють 22 методами; шліцьові з'єднання – 15; деталі нерухоливих з'єднань – 37; поверхні деталей, які працюють в умовах тертя – 41; колінчаті вали – 8 і т.д. [5, 6, 7, 8].

Відсутність обґрунтованих, простих і уніфікованих рекомендацій оцінки способів не дозволяє одержати достовірні порівняльні дані для вибору найбільш раціональних способів відновлення деталей. При оцінці якості відновлених деталей з технічних показників враховується тільки ресурс, що, звичайно, недостатньо.

При виборі способів відновлення деталей звичайно виходять із необхідності відновлення геометричних розмірів і заданих властивостей окремих поверхонь деталей.

При цьому прагнуть одержувати відновлений шар покриття з максимально можливою зносостійкістю. Кожна деталь має кілька поверхонь, які зношуються. Тому ресурс роботи вузла, до якого вона входить, залежить від якості відновлення всіх поверхонь деталі, і насамперед їхньої просторової геометрії. Крім того, ресурс агрегату або вузла буде визначатися залишковим ресурсом інших, не відновлюваних поверхонь [8].

Таким чином, при виборі методів відновлення необхідно розглядати деталь у сукупності з усіма поверхнями, а також накопиченими втомленими пошкодженнями. При аналізі деталей, що підлягають відновленню, необхідно групувати їх за умовами роботи, сполученню дефектів, фізико-механічними властивостями поверхонь і т.д. В зв'язку з цим були проведені попередні дослідження з класифікації дефектів та зношень деталей машин і обладнання тваринницьких ферм, які наведені в табл. 1.1 та представлені на рис. 1.7-1.10 [9].

Таблиця 1.1 – Основні дефекти і зношення деталей обладнання тваринницьких ферм

№ з\п	Група дефекту	Місце зношування	Число дефектів при зношуванні деталей в інтервалі, %		
			0,01...0,1 мм	0,1...0,2 мм	Понад 0,25 мм
1	Механічні зношення	Ріжучі поверхні ножів	33,0	21,0	9,0
		Зірки приводні	18,0	11,0	4,0
2	Зношення шпонкових та шліцьових поверхонь	Вали шнеків, редукторів	34,0	19,0	6,0
3	Пошкодження різьби	Вали	13,6	8,4	2,0
		Отвори в корпусах	12,0	6,2	1,8
4	Корозія	Конусна, овальна та інші поверхні	43,5	27,3	11,4

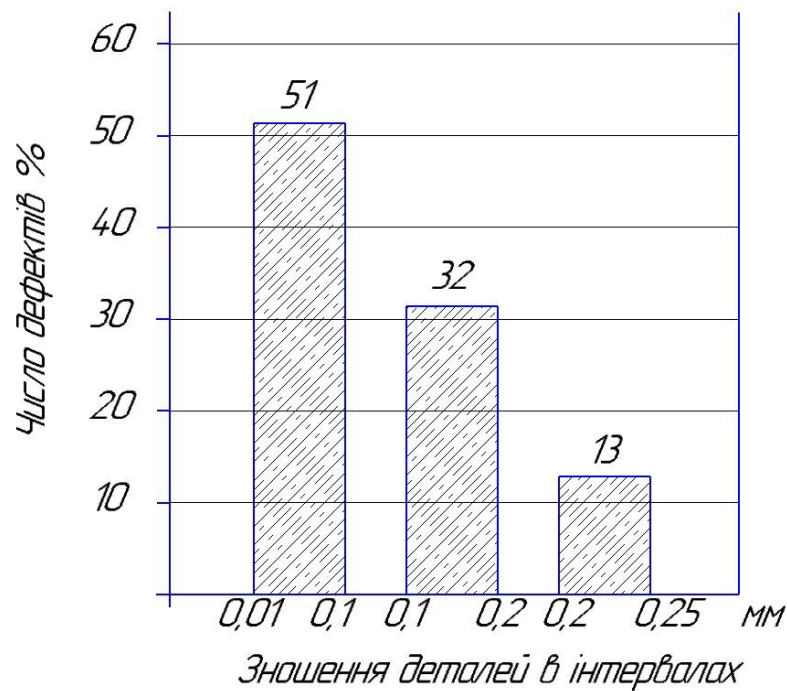


Рис. 1.7 – Статистична оцінка механічного зношення деталей обладнання тваринницьких ферм

Аналіз результатів, наведених в табл. 1.1 і на рис. 1.7, показує, що значна частина деталей для групи дефектів – механічне зношення, мають мінімальне спрацювання – 0,01...0,1 мм, ріжучі ножі – 33 % і зірки – 18 %, та

можуть бути відновлені способами ремонтних або вільних розмірів, що значно зменшить собівартість ремонту обладнання тваринницьких ферм.

Деталі, які мають механічне зношення в інтервалі більше 0,1 мм і до 0,2 мм – ріжучі ножі – 21 %, зірки приводні – 11 %, потребують для відновлення геометричних розмірів та фізико-механічних властивостей робочих поверхонь застосування ефективних способів нарощення зношених поверхонь з послідуочим механічним обробленням.

Для деталей, зношення яких більше 0,25 мм, в першу чергу по результатам дефектації робиться висновок про їх ремонтпридатність. Відновлення даних деталей проходить з застосуванням способів нарощування зношених поверхонь, які характеризуються значною товщиною нанесеного шару. В залежності від умов роботи також можуть застосовуватися комбіновані способи нарощування зношеної поверхні.

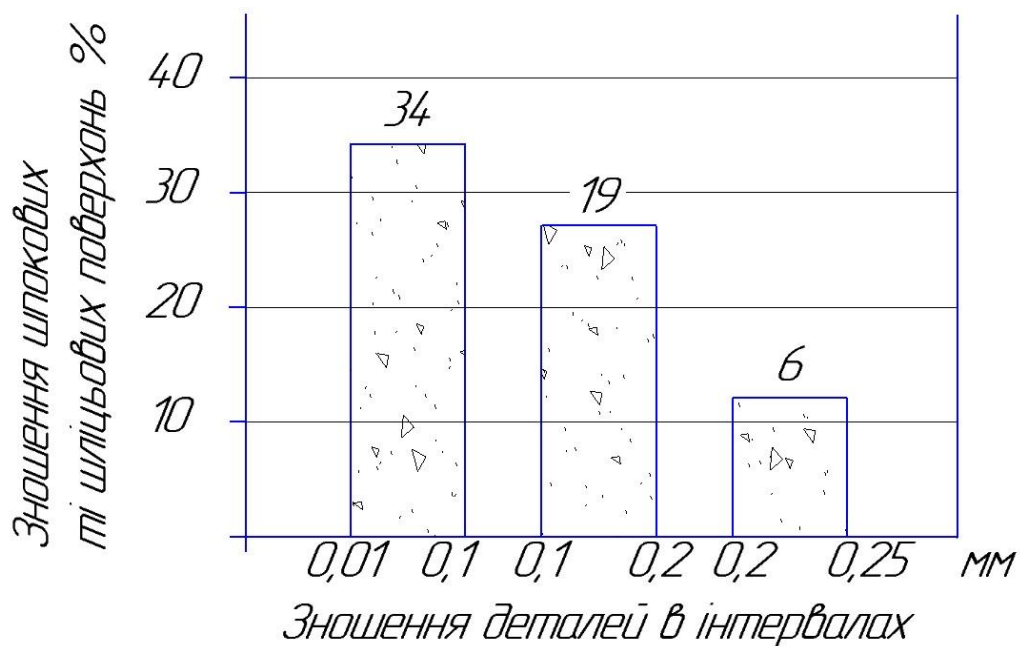


Рис. 1.8 – Статистична оцінка зношення шпонкових та шліцьових з'єднань

Із графіка (рис. 1.8) та (табл. 1.1) видно, що близько 34 % валів мають зношення шпонкових та шліцьових поверхонь в інтервалі 0,01-0,1 мм. При таких значеннях зношення, як правило, деталі в спряженнях являються робоздатними і не потребують ремонтних дій. Деталі, у яких зношення даних

поверхонь знаходиться в інтервалі 0,1-0,2 мм (на них припадає 19 %), потребують застосування операцій для нарощування зношеної поверхні з механічним обробленням під номінальний розмір. Дана методика застосовується і для відновлення деталей, які мають зношення більше 0,25 мм.

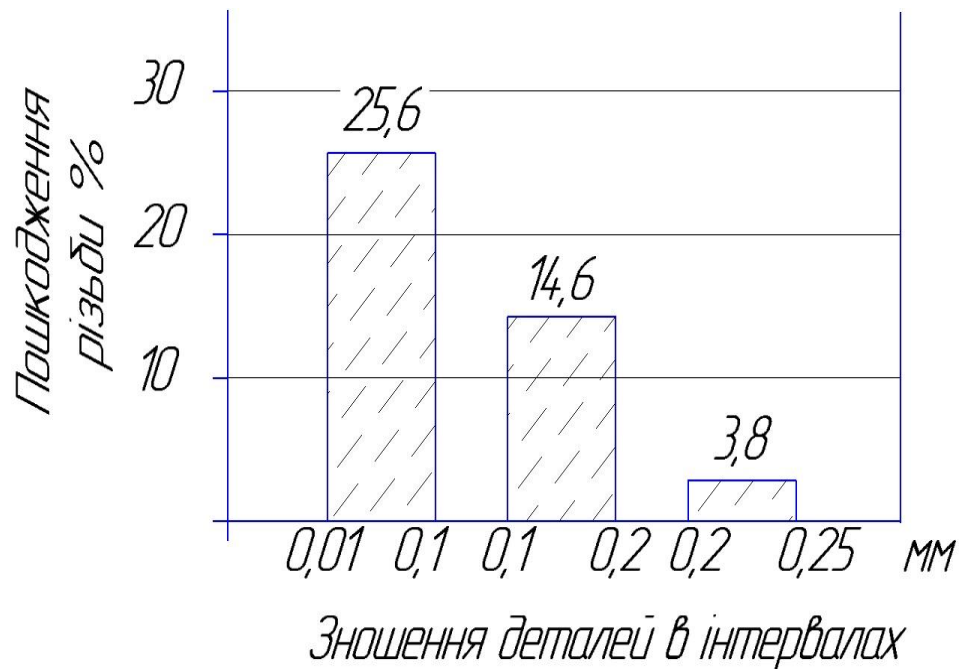


Рис. 1.9 – Статистична оцінка пошкодження різьби

Статистична оцінка наявності такої групи дефектів як пошкодження внутрішньої і зовнішньої різьби (рис. 1.9) показує, що у 25,6 % (13,6 % – зовнішня різьба, 12,0 % – внутрішня різьба) пошкодження різьби знаходиться в інтервалі 0,01-0,1 мм. Даний дефект у деталей усувається калібруванням різьби, що не потребує значних трудовтрат. Частково даний спосіб відновлення різьби може застосовуватися для деталей зі зношенням різьби в інтервалі 0,1-0,2 мм (14,6 %). Його реалізація буде обумовлюватись конструктивною складністю агрегату, в якому функціонує дана деталь. Для деталей із більшим зношенням різьбових поверхонь (більше 0,25 мм) необхідно застосовувати технології, які передбачають повне відновлення різьби під зменшений ремонтний розмір для валу і збільшений – для отвору. Якщо конструктивні особливості деталі не дають можливості реалізувати

даний спосіб, то застосовують спосіб відновлення різьбової поверхні під номінальний розмір з застосуванням способів нарощування поверхні з механічною обробкою.

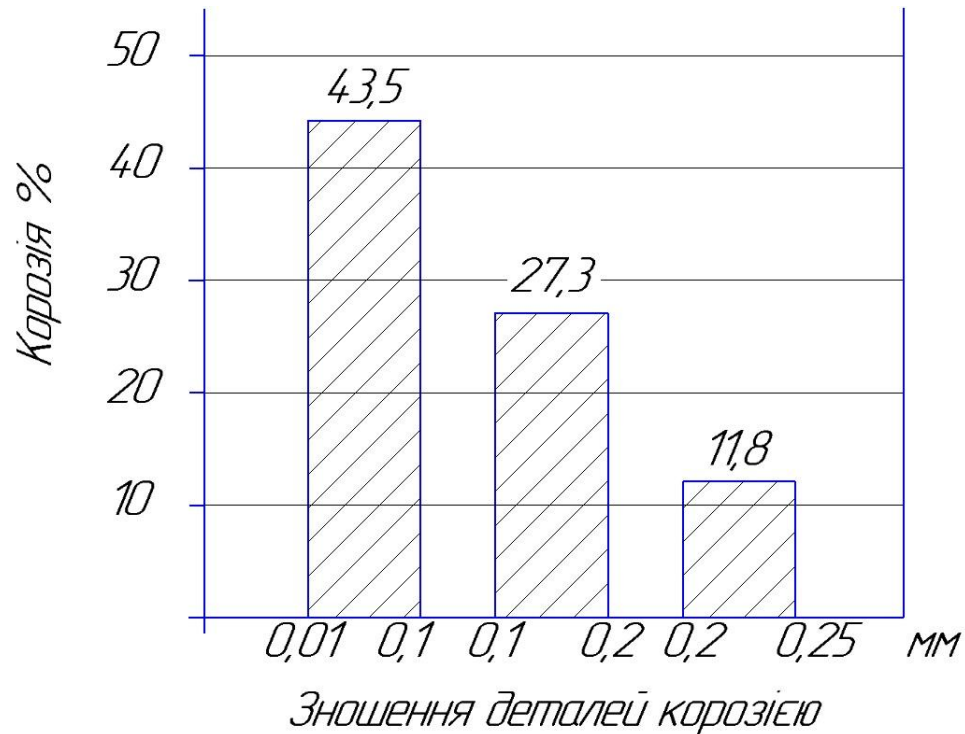


Рис. 1.10 – Статистична оцінка пошкодження деталей корозією

Даний вид зношення в інтервалі 0,01-0,1 мм спостерігається у 43,5 % деталей. Він обумовлюється агресивністю середовища, в якому працюють агрегати, і проявляється в вигляді корозії на робочих поверхнях деталей. Його усунення проводять захистом поверхні фарбою з попередньою підготовкою поверхні. Необхідно відмітити, що для деталей із більшим корозійним зношенням застосовується також дана технологія. Як правило, усунення таких дефектів не потребує значних монтажних-демонтажних робіт, і проводиться безпосередньо на машині або агрегаті.

Суттєвий вплив на якість ремонту, крім відновлення геометричної форми та фізико-механічних властивостей робочої поверхні деталі, має також ступінь шорсткості поверхні.

Деталі обладнання тваринницьких ферм працюють в активних зовнішніх середовищах (вологе повітря, вода, змащувальні олії та ін.).



Взаємодія поверхонь з цими середовищами приводить до процесу корозії і руйнування металу. Важливе значення тут приймає форма і розміри нерівностей показника шорсткості. При малій висоті нерівностей менша загальна площа активної поверхні деталі, що зменшує на ній інтенсивність конденсації водяних парів.

Шорсткість поверхні практично не здійснює вплив на міцність деталей, які навантажуються статичними силами. Але при циклічних навантаженнях вплив шорсткості суттєвий, особливо для високоміцних легованих металів. Це пояснюється тим, що нерівності, які виникають на поверхні, являються концентраторами напружень і однією із причин зниження втомної міцності.

Дана робоча гіпотеза підтверджується і в роботі [10].

Для вибору оптимального ступеня шорсткості відновлених поверхонь доцільно використовувати статистичний аналіз.

У технічних умовах на ремонт обладнання тваринницьких ферм вказуються значення шорсткості для обробки поверхонь. Наприклад, у валів поверхні під підшипник повинні мати шорсткість не нижче 9 класу ( $R_a = 0,32 \dots 0,16$ ). Виміри шорсткості поверхонь валів показали, що шорсткості  $R_a$  у процесі тривалої експлуатації змінюються від 0,5 до 1,2 мкм (від 8 до 7 класу). При цьому в 83 % поля розсіювання шорсткості перебувають до  $R_a = 0,4$  мкм. Отже, оптимальному ступеню шорсткості поверхні валів під підшипник відповідає  $R_a = 0,4$  мкм.

Таким чином, найважливішою передумовою при оптимізації технології відновлення деталей з'єднань є визначення вимог до посадок відновлених з'єднань і шорсткості поверхонь.

При дослідженні дефектів важливо виявити закони розподілу ресурсу до появи дефекту або їхнього сполучення. Тоді для конкретної деталі можна визначити показники якості залежно від числа усунутих дефектів, а також, знаючи види дефектів і їхнє поєднання, можна вибрати маршрути їх усунення. Ступінь оптимізації технологічних маршрутів визначає собівартість відновлення деталей, що істотно впливає на ефективність процесу.

#### 1.4 Мета та завдання досліджень

**Мета роботи** – підвищення якості ремонту обладнання тваринницьких ферм та відновлення деталей за рахунок застосування раціональних ремонтно-технологічних методів.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні завдання:

1. Провести аналіз експлуатаційної надійності машин та обладнання тваринницьких ферм та виявити причини втрати їх роботоздатності.
2. Визначити статистичну оцінку появи дефектів у деталей за їх групами.
3. Обґрунтувати ефективну стратегію проведення ремонтно-обслуговуючих робіт для обладнання тваринницьких ферм.
4. Розробити способи відновлення ресурсолімітуючих деталей обладнання для кормоприготувальних та кормороздаточних машин.
5. Експериментально дослідити фізико-механічні властивості поверхонь деталей, відновлених запропонованими способами.
6. Провести техніко-економічну оцінку запропонованих рішень.

## 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕМОНТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВПЛИВІВ

### 2.1 Обґрунтування стратегії технічного обслуговування та ремонту машин обладнання тваринницьких ферм

На сьогоднішній день в технічному сервісі сформувались три стратегії технічного обслуговування і ремонту (ТОР): за потребою після відмови; планово-попереджувальна, коли приблизно відома періодичність відмов деталей та терміни ремонту орієнтуються на цю періодичність; за результатами діагностування, коли терміни ремонту відомі заздалегідь із статистики відмов, отриманої до ремонту. При ремонті обрано деяку систему допусків, тобто номінал, допуск, межа та періодичність перевірки параметрів технічного стану (ПТС) [1]. При діагностуванні використовується система допусків, що відповідає поточній стратегії ТОР. Розглянемо ці стратегії.

Перша стратегія – «за потребою», проводиться, коли терміново потрібний ремонт. В даному випадку відбулася відмова, деталь вийшла з ладу і необхідний ремонт, щоб відновити працездатність машини (рис. 2.1).

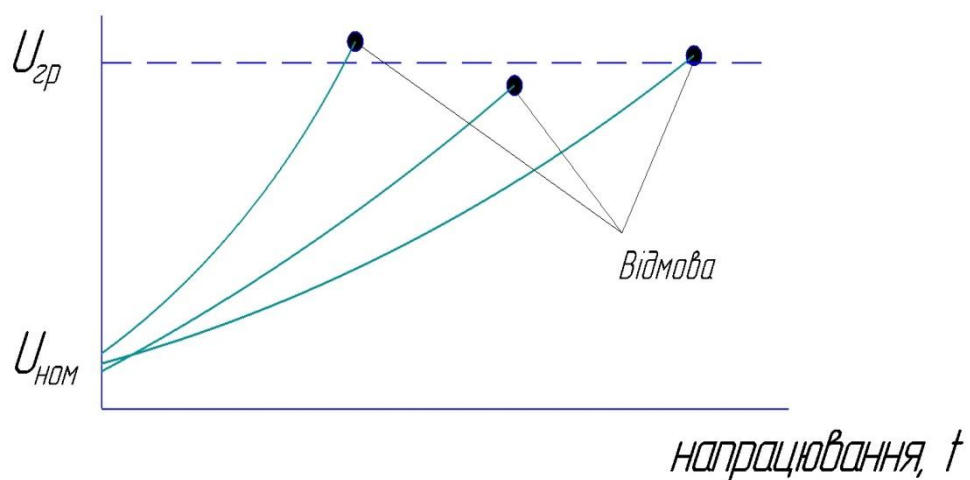


Рис. 2.1 – Стратегія ТО та ремонту за потребою:  $U_{ном}$  – номінальне значення параметра;  $U_{зр}$  – граничне значення параметра;  $t$  – напрацювання

Для даної стратегії відсутня передісторія відмови, немає жодної інформації про поточний технічний стан деталі. Деталі працюють до відмови, без будь-якого контролю з боку обслуговуючого персоналу. Відсутній контроль параметрів поточного технічного стану деталі. Час відмови не прогнозується. Потік відмов таких деталей максимальний, але ресурс теж максимальний. Витрати на ТОР в даному випадку будуть максимальні. Ремонт для даної стратегії проводиться після відмови, без урахування напрацювання  $t$  та системи допусків ( $U_{ном}$  та  $U_{гр}$ ).

Друга стратегія – «планово-попереджувальна» [11]. Ремонт плановий, призначений для часткового попередження відмов (рис. 2.2).

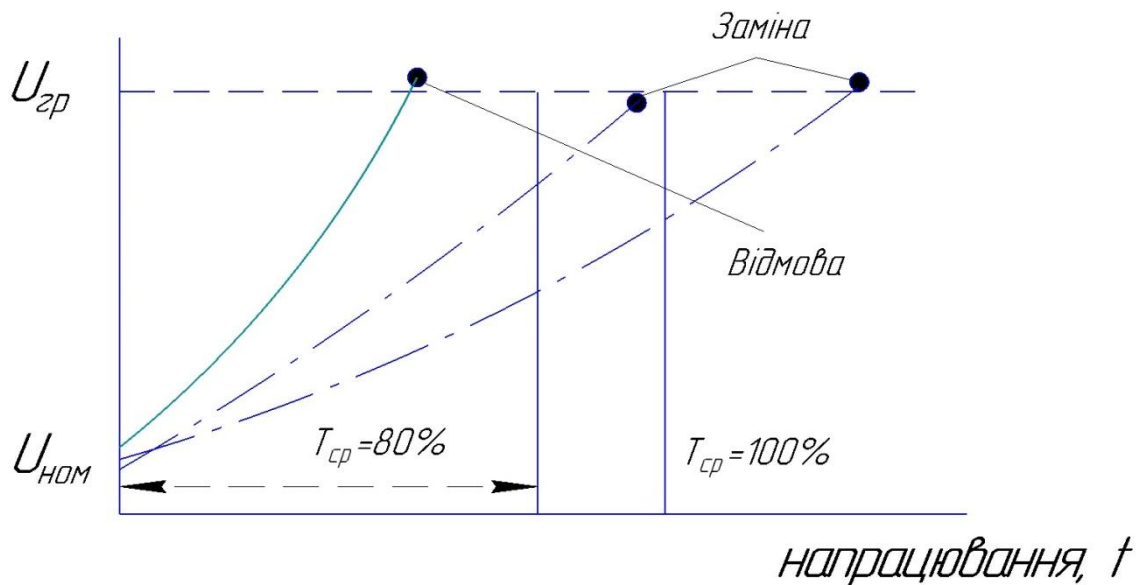


Рис. 2.2 – Планово-попереджувальна стратегія ТО та ремонту:

$U_{ном}$  – номінальне значення параметра;  $U_{гр}$  – граничне значення параметра;

$T_{сп}$  – середнє значення ресурсу;  $t$  – напрацювання

Суть стратегії у тому, що відмови у групах однойменних деталей мають певну періодичність. Тобто відомий середній термін служби ( $T_{сп}$ ) групи однойменних деталей. При невідомому законі розподілу ресурсу цієї групи деталей можна частково знизити відсоток відмови за рахунок вибракування ще справних деталей, які вже мають задане напрацювання,

наприклад, 80...90 % від  $T_{cp}$ . Тобто 10 ... 20 % деталей, які могли б ще працювати, знімаються з експлуатації, так як вони все рівно відмовлять найближчим часом. В даному випадку потік відмов частково знижений, як і середній термін служби. Витрати на ТО та ремонт у цьому випадку нижчі, ніж у першому випадку. Ремонт проводиться після певного напрацювання  $t$  (контроль тільки при напрацюванні  $t = T_{cp}$ ).

До перспективних стратегій слід віднести стратегію за «станом – 1». Вибраковування деталі проходить з урахуванням напрацювання  $t$  та одного параметра – один допуск ( $U_{дон}$ ) (рис. 2.3).

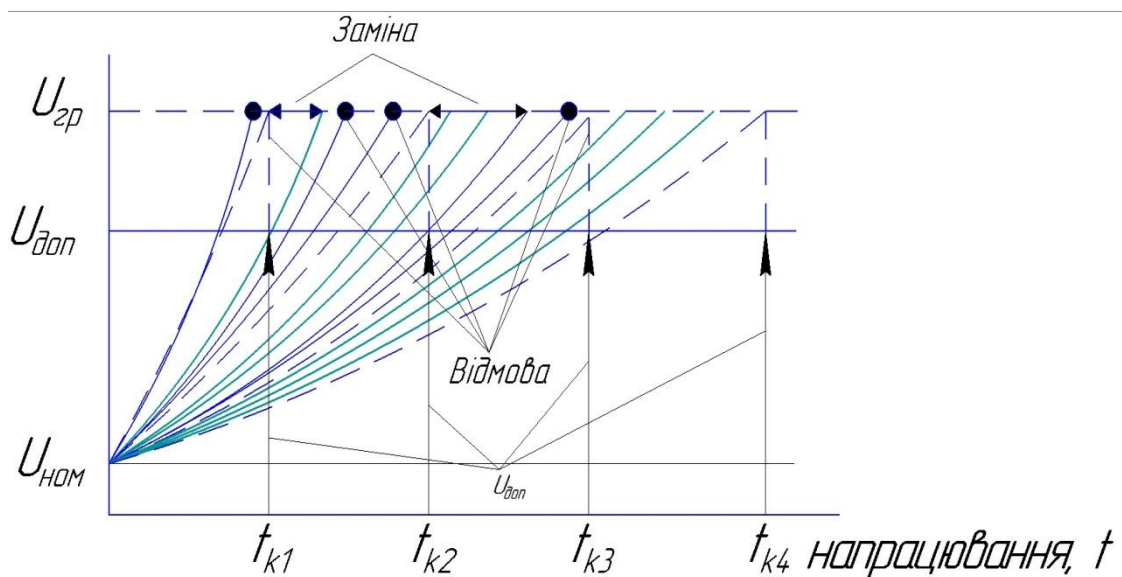


Рис. 2.3 – Стратегія ТО та ремонту «за станом – 1»:

$U_{ном}$  – номінальне значення параметра;  $U_{дон}$  – допустиме значення параметра;  $U_{сп}$  – граничне значення параметра;  $t_{k1}...t_{k4}$  – міжконтрольне напрацювання;  $t$  – напрацювання

Для даної стратегії вводяться нові параметри технічного стану, пов'язані з потоком відмов та терміном служби, та нові критерії – критерії выбраковування. Проводиться контроль цих параметрів за заданим графіком, тобто з плановою періодичністю. Вводиться операція выбракування деталей за заданим критерієм. Операція выбракування деталей проводиться тоді, коли значення контрольованого (діагностичного) параметра досягає або перевищує допустиме значення параметра.

Допустиме значення параметра встановлюється, виходячи з умови, якщо значення контрольованого параметра не перевищує допуску, то ця деталь пропрацює без відмови до наступної планової перевірки, а якщо ні – то деталь знімається з експлуатації і надходить у ремонт або вибраковується. Така стратегія дозволяє значно знизити потік деталей, що відмовили в експлуатації, а також суттєво збільшити середній термін служби деталей машини. Витрати на ТО та ремонт у цьому випадку нижчі, ніж у першому та у другому. Дана стратегія відноситься до перспективних.

Разом з тим, у цієї стратегії є суттєвий недолік. Вона не враховує швидкість зношування кожної деталі окремо. У результаті деталі, у яких швидкість зношування велика, виходять з ладу частіше, ніж деталі із середньою швидкістю зношування, та навпаки, деталі з малою швидкістю зношування вибраковуються раніше за середній термін служби.

Для усунення цих недоліків необхідно враховувати швидкість зношування кожної конкретної деталі. Вибраковування деталей ведеться з урахуванням швидкості зношування кожної деталі окремо. Деталі з великою швидкістю зношування вибраковуються першими, а деталі з малою – останніми (рис. 2.4).

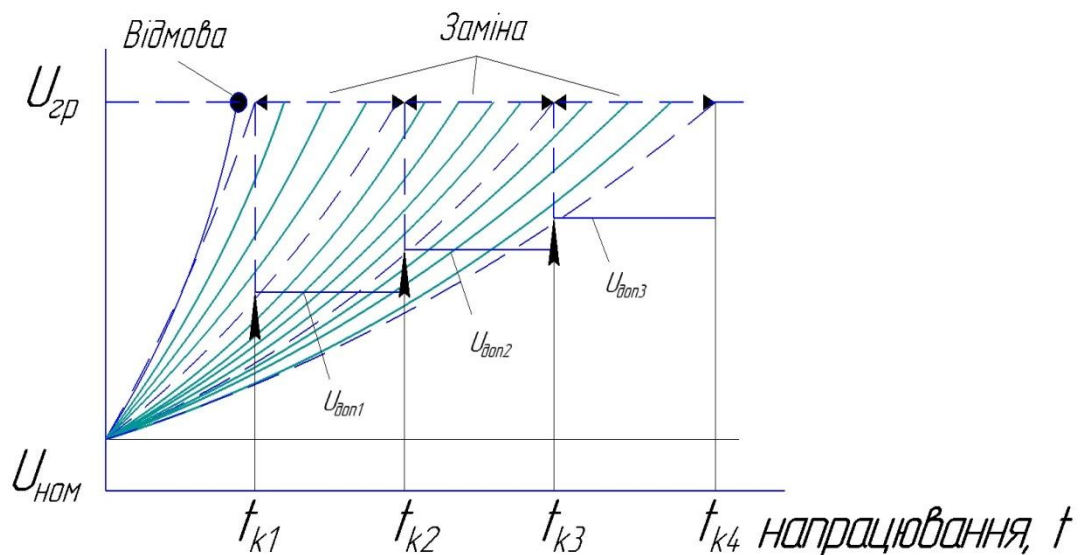


Рис. 2.4 – Удосконалена стратегія ТО та ремонту за «станом-2»:

$U_{ном}$  – номінальне значення параметра;  $U_{дон1} \dots U_{дон3}$  – допустиме значення параметра;  $U_{гр}$  – граничне значення параметра;  $t_{k1} \dots t_{k4}$  – міжконтрольне напрацювання;  $t$  – напрацювання

Для даної стратегії встановлюється не один допуск, постійний для будь-якої швидкості зношування, а декілька. Для деталі з великою швидкістю зношування один допуск – низький, з середньою швидкістю – середній, а з малою – найвищий, щоб деталь з підвищеним ресурсом пропрацювала якнайбільше.

Таким чином найбільш ефективною стратегією для підтримання і відновлення роботоздатності машин і обладнання тваринницьких ферм буде стратегія за «станом – 2», для якої вводяться допустимі параметри технічного стану деталей, за якими вибраковування деталей ведеться з урахуванням швидкості зношування кожної деталі окремо, при їх контролі за заданим графіком.

## 2.2 Дослідження механізму виникнення відмови у деталях машин

Відремонтвані вузли та агрегати тваринницьких ферм мають не однорідну структуру в порівнянні з новими агрегатами. Сполучення відремонтованих агрегатів можуть бути скомплектовані із трьох груп деталей; частково зношених і придатних для подальшої експлуатації, відновлених до номінальних розмірів робочих поверхонь різними способами або обробленими до ремонтних розмірів і деталей, що надходять як запасні частини (замінюються при ремонті). Питому вагу цих трьох груп деталей у ремонтній документації прийнято визначати коефіцієнтом придатності ( $K_n$ ), коефіцієнтом відновлення ( $K_e$ ) і коефіцієнтом змінності ( $K_z$ ). Ці коефіцієнти індивідуальні для кожного конкретного підприємства, тому що залежать від умов експлуатації агрегатів, які потрапляють у ремонт, оснащеності ремонтного підприємства встаткуванням і іншими факторами [5, 8].

Таким чином, закон розподілу параметрів сполучень (зазорів, натягів) відремонтованих агрегатів буде визначатися як суперпозиція законів розподілу параметрів (розмірів деталей) кожної групи [12]:

$$f(u) = K_n f(x) + K_e f(y) + K_z f(z) \quad (2.1)$$

де  $f(x)$  - розподіл щільності ймовірності розмірів робочих поверхонь частково зношених деталей;

$f(y)$  – розподіл щільності ймовірності розмірів робочих поверхонь відновлених деталей;

$f(z)$  – розподіл щільності ймовірності розмірів робочих поверхонь деталей, використовуваних із запасних частин;

$K_n$ ,  $K_e$ ,  $K_z$  – відповідно коефіцієнти придатності, відновлення й заміності.

При цьому:

$$K_n + K_e + K_z = 1 \quad (2.2)$$

Розглянемо розподіли розмірів деталей, що входять у формулу (2.1). Розподіли розмірів робочих поверхонь частково зношених і придатних для подальшої експлуатації деталей визначаються розподілом розміру деталей агрегату, що надходять у ремонт, і технічними вимогами на дефектацію. Тобто розподіл розмірів частково зношених деталей, що надходять на складання буде усіченим (рис. 2.1). Для робочих поверхонь деталей типу «вал» усікання має місце ліворуч, для робочих поверхонь деталей типу «отвір» – праворуч.

Розподіли щільності ймовірності усічених розподілів для цих двох випадків мають вигляд [13]:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } X \leq X_0 \\ A f(x) & \text{при } X > X_0 \end{cases}, \quad (2.3)$$

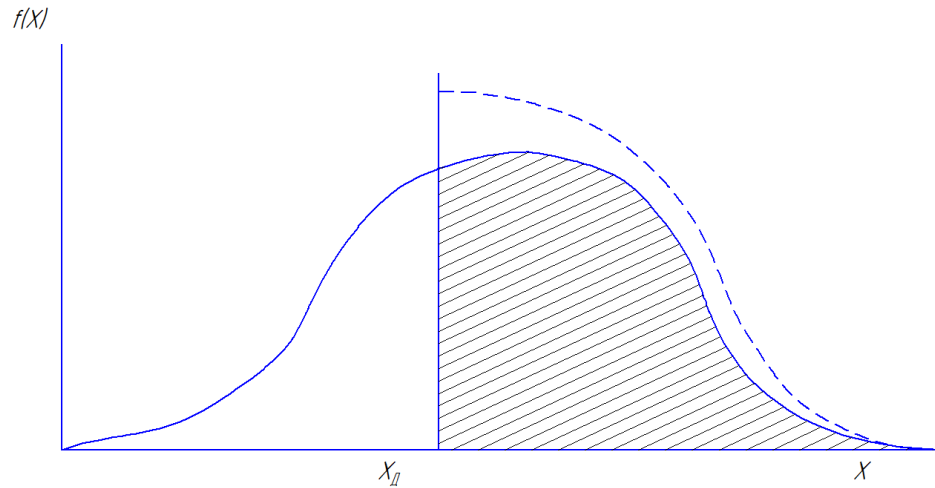
$$f(x) = \begin{cases} A f(x) & \text{при } X < X_0 \\ 0 & \text{при } X \geq X_0 \end{cases}, \quad (2.4)$$



де  $X_d$  – допустимі розміри деталей при ремонті;

$A$  - коефіцієнт нормування при усіченні розподілів.

а)



б)

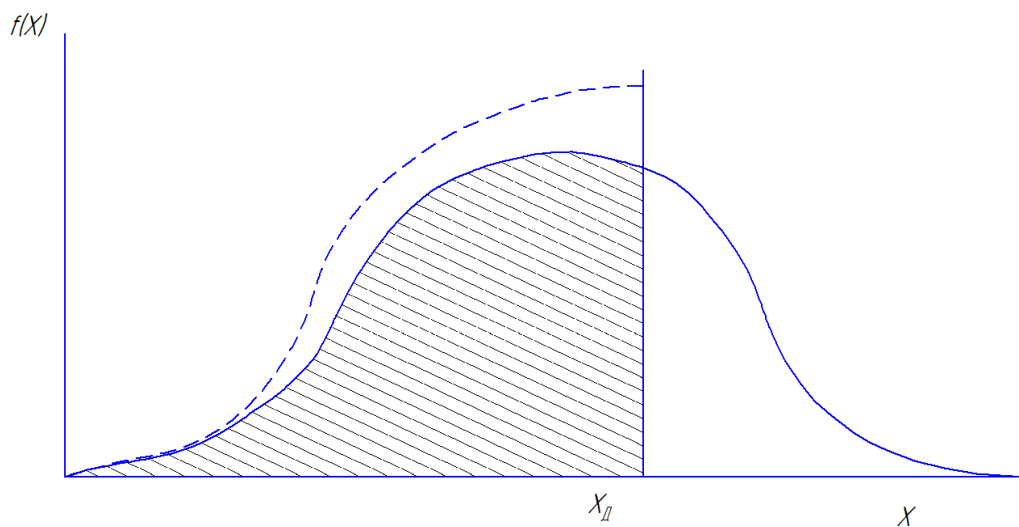


Рис. 2.5. – Схема усікання розподілів розмірів частково зношених деталей при дефектації: а) деталей типу «вал»; б) деталей типу «отвір»

Величина коефіцієнта нормування визначається з наступних рівнянь:

Для робочих поверхонь деталей типу «вал»:

$$A = \frac{1}{1 - f(X_d)}, \quad (2.5)$$

Для робочих поверхонь деталей типу «отвір»:

$$A = \frac{1}{f(X_D)}, \quad (2.6)$$

де  $X_D$  – значення функції розподілу розмірів робочих поверхонь у точці усікання.

У свою чергу, значення  $(1 - f(X_D))$  для деталей типу «вал»,  $f(X_D)$  для деталей типу «отвір» є коефіцієнтами придатності.

Тоді для деталей будь-яких типів розподіл розмірів частково зношених деталей, встановлених у агрегат при ремонті, буде мати вигляд:

$$f_p(x) = \frac{1}{K_n} \cdot f(x), \quad (2.7)$$

Слід зазначити, що в рівнянні (2.7) передбачається вимір розміру деталей при дефектації з абсолютною точністю. Оскільки будь-який вимірювальний інструмент має похибку, то на границі усікання розподілу (у точці  $X$ ) буде формуватися складний закон розподілу, пов'язаний з розподілом випадкової похибки виміру.

Приймаючи, що дефектація деталей проводиться інструментом, який має похибку виміру значно меншу за величину зношування деталей, вказана вище зміна закону розподілу надалі не враховується.

Розподіл розмірів робочих поверхонь відновлених деталей і деталей, які поступають як запасні частини, визначимо з положення, що вони мають розсіювання в межах поля допуску. Численні дослідження, проведені в галузі машинобудування, показують, що в цьому випадку можна застосувати нормальний розподіл [6].

Для відновлених деталей:

$$f(y) = \frac{6}{\Delta_\epsilon \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{18 \times (y - \bar{y})^2}{\Delta_\epsilon^2}}, \quad (2.8)$$

де  $\Delta_\epsilon$  – допуск розміру відновленої робочої поверхні;

$\bar{y}$  – середнє значення розміру робочої поверхні.

Для деталей із запасних частин:

$$f(z) = \frac{6}{\Delta \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{18 \times (z - \bar{z})^2}{\Delta^2}}, \quad (2.9)$$

де  $\Delta$  – допуск розміру робочої поверхні нової деталі;

$\bar{z}$  – середнє значення розміру робочої поверхні нової деталі.

Приймаючи, що при відновленні деталей, як правило, забезпечуються ті ж допуски, що й при виготовленні нових, загальний розподіл розмірів деталей у відремонтованих агрегатів буде мати вигляд:

$$f(\epsilon) = K_\epsilon \cdot f(x) + (1 - K_\epsilon) \cdot f(y), \quad (2.10)$$

Для розподілу розмірів виготовлених деталей за нормальним законом:

Робоча поверхня типу «вал»:

$$f(x) = \frac{1 - U_\partial}{\sigma_\epsilon \sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{(U - \bar{U})^2}{2\sigma_\epsilon^2}} + \frac{6U_\partial}{\Delta \sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{18(U - \bar{U})^2}{\Delta^2}}, \quad (2.11)$$

Деталь типу «отвір»:

$$f(x) = \frac{U_\partial}{\sigma_\epsilon \sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{(U - \bar{U})^2}{2\sigma_\epsilon^2}} + \frac{6(1 - U_\partial)}{\Delta \sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{18(U - \bar{U})^2}{\Delta^2}}, \quad (2.12)$$

Проведені дослідження параметрів з'єднань деталей при ремонті обладнання тваринницьких ферм дають можливість зробити наступні висновки.

Висновок по розділу.

1. Найбільш ефективною стратегією для підтримання і відновлення роботоздатності машин і обладнання тваринницьких ферм буде стратегія за «станом – 2», для якої вводяться допустимі параметри технічного стану деталей, за якими вибраковування деталей ведеться з урахуванням швидкості зношування кожної деталі окремо при їх контролі за заданим графіком.

2. При формуванні сполучень деталей в процесі ремонту агрегатів необхідно враховувати розподіли розмірів робочих поверхонь частково зношених і придатних для подальшої експлуатації деталей і технічні вимоги на дефектацію та їх дотримання.

3. Розподіл розмірів робочих поверхонь частково зношених і придатних деталей описується нормальним законом. Це вказує на необхідність для частково зношених деталей при їх комплектуванні застосувати усічений розподіл робочих поверхонь деталей типу «вал» – ліворуч, для робочих поверхонь деталей типу «отвір» – праворуч відносно графіка нормального розподілення величин зношення деталей.

### 3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1 Програма досліджень

Об'єм експериментальних досліджень можна розділити на наступні етапи.

На першому етапі проводився аналіз експлуатаційної надійності машин та обладнання тваринницьких ферм та виявлялися причини втрати їх роботоздатності.

На другому етапі визначалась статистична оцінка появи дефектів у деталей за їх групами. Метою досліджень було виявлення кількісної оцінки появи дефектів, які являються ресурсолімітуючими для деталей.

На третьому етапі проводилось обґрунтування найбільш ефективної стратегії для підтримання і відновлення роботоздатності машин і обладнання тваринницьких ферм.

На четвертому етапі проводилось обґрунтування способів відновлення деталей та вибір методик для лабораторного дослідження фізико-механічних властивостей відновлених поверхонь деталей.

На п'ятому етапі проводились розрахунки техніко-економічної оцінки проведених досліджень.

#### 3.2 Методика проведення мікрометражу

Виробничі процеси на тваринницьких фермах характеризуються застосуванням обладнання, яке різноманітне за конструкцією і працює в неоднакових умовах. Дані фактори суттєво впливають на експлуатаційну надійність обладнання і в свою чергу висувають різні технічні вимоги на його ремонт. При цьому необхідно врахувати, що ремонт даного обладнання виконується в спеціалізованих виробничих підрозділах, які поєднують в собі різноманітні технологічні процеси і обладнання.

Для якісного проведення дефектації деталей за таких умов розроблюється алгоритм проведення їх мікрометражу (рис. 3.1).

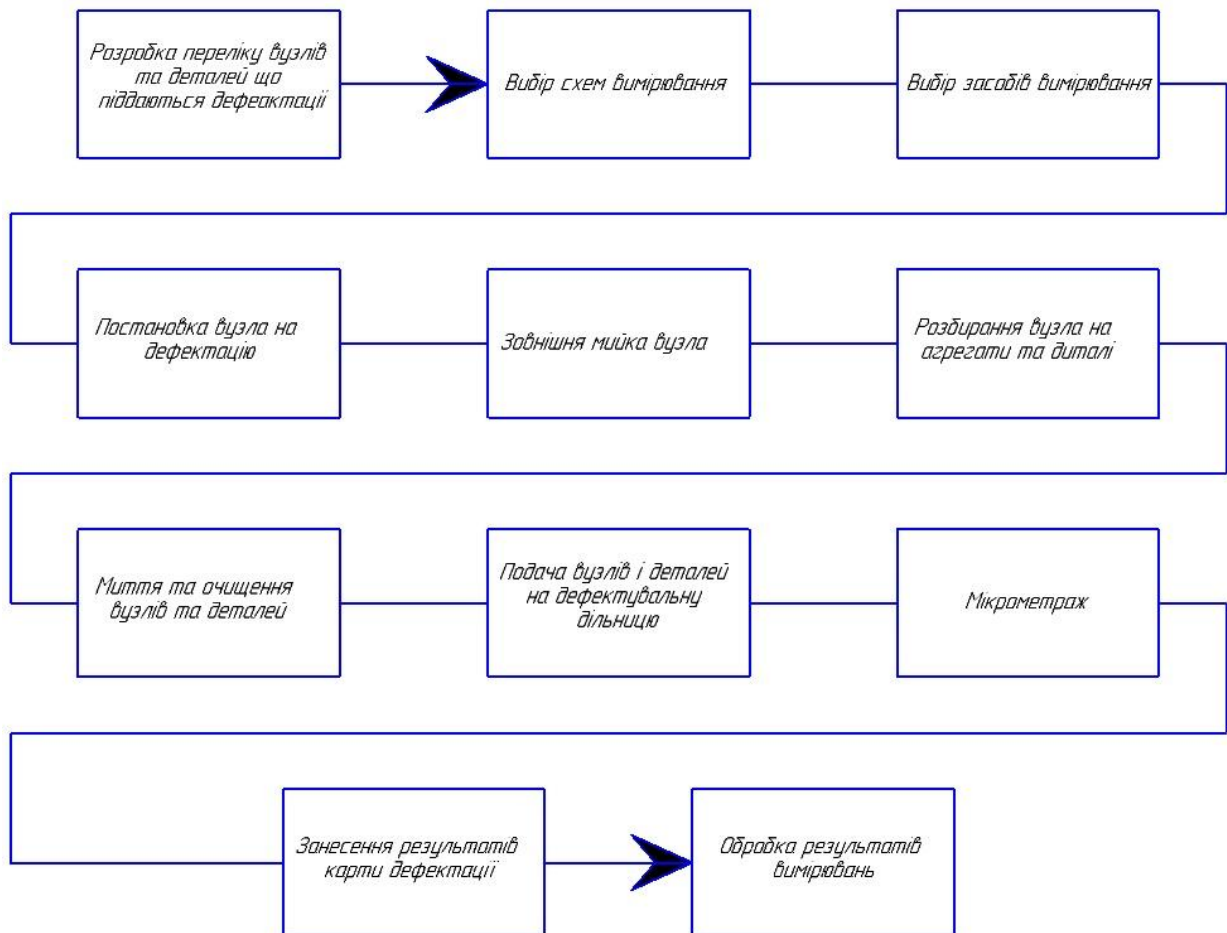


Рис. 3.1 – Алгоритм проведення дефектації деталей обладнання тваринницьких ферм

Мікрометражне вимірювання деталей – найпоширеніший метод, який надає можливість визначити місцеве зношення деталі і виявити зону максимального зношення.

Для виключення помилок у визначенні зношення деталей вимірювання проводять з великою ретельністю. Дійсний розмір деталі приймають як середнє значення декількох вимірювань, проведених в даній площині. Бажано, щоб початковий і кінцевий мікрометраж деталей проводила одна й та ж людина одним і тим же інструментом.

### 3.3 Методика визначення фізико-механічних властивостей відновлених поверхонь молотка дробарки

Із аналізу зношення деталей обладнання тваринницьких ферм (підр. 1.3) вдалося виявити, що інтенсивному зношенню підпадають ріжучі ножі та молотки дробарок. Такий стан справи пояснюється умовами роботи даних деталей. У процесі роботи дробарок частки подрібнюваного продукту ударяються об молотки, а також ковзають по їх поверхні. Протягом години молоток сприймає 10-50 млн ударів із силою 10-20 кг, що призводить до пластичної деформації та втомних руйнувань [14]. Динаміка та характер зносу молотків обумовлюється втомними руйнуваннями в мікрооб'ємах, при багаторазовому деформуванні поверхневих шарів ударами зерен та частинками домішок мінерального походження, дряпання внаслідок ковзання цих частинок по робочих поверхнях молотка.

Взаємодія молотка на високих швидкостях з середовищем призводить до швидкого зношування передньої (лобової) грані молотка. Зносу піддаються вершини кутів, внаслідок чого поверхня набуває вигляду кривої змінного радіусу (рис. 3.2). В результаті зношування збільшується зазор між молотком та решетом (декою), що сильно скорочує зону впливу молотків.

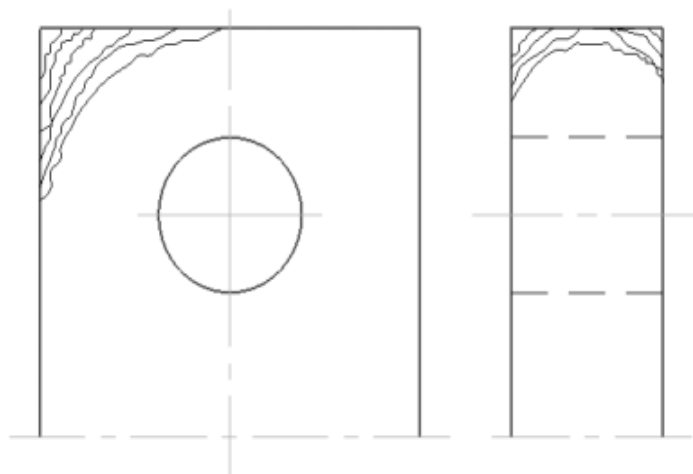


Рис. 3.2 – Профілі зношення молотка

Дослідження молотків, виконаних з матеріалів (сталей 65Г, 30ХГСА, У8А, 110Г13Л, 30ХГСА, 12Х13А, HARDOX500, конструкційних сталей з

цементациєю на різні глибини, загартуванням в електроліті, різними наплавками та напиленнями, а також тришарового прокату та ін.) не виявили реальних шляхів значного підвищення зносостійкості робочих органів.

Найбільш ефективними способами підвищення експлуатаційної надійності молотків є конструктивно-технологічні методи зміцнення (відновлення). Вони поєднують у собі можливості технологічних методів і деякі конструктивні зміни, в основному пов'язані зі зміною форми ударної частини молотка [15].

Для реалізації ідеї самозагострення у процесі експлуатації молотків пропонуються варіанти зміцнення робочих граней:

- армування робочого кута вольфрамокобальтовими твердосплавними елементами (ВК6, ВК8) з пайкою-напавкою високоміцним залізовуглецевим сплавом-припоєм [16] (рис. 2, а);

- індукційна наплавка робочого кута спеціальним високолегованим чавуном: по всіх робочих гранях (рис. 2, б) [17], по трьом робочим граням (фронтальна поверхня не зміцнена) (рис. 2, в) з одночасною термомеханічною обробкою.

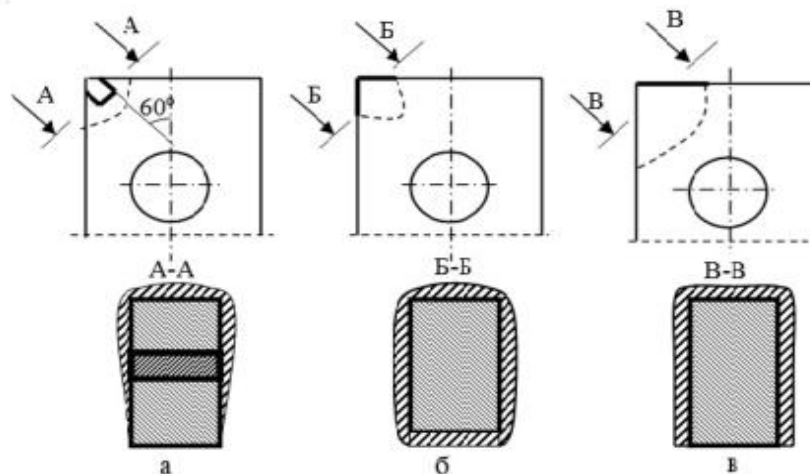


Рис. 3.3 – Варіанти зміцнення молотків

Для проведення лабораторних досліджень визначення механічних та експлуатаційних властивостей виготовлялися зразки молотків.



Для проведення лабораторних випробувань проводилася пайка прямокутних пластинчастих молотків розміром  $110 \times 50$  мм та товщиною 4,6 та 8 мм. Для реалізації технології зміцнення, що розробляється, була потрібна попередня підготовка робочих кутів молотка (див. рис. 2, а), яка полягала у формуванні паза у робочого кута молотка для твердосплавної пластини.

Визначення мікротвердості елементів зміцненого молотка (відновленого) проводилося на приладі ПМТ-3. Визначення механічної міцності паяного з'єднання випробування на зносостійкість та ударно-утомну міцність твердого сплаву і сталі, і з'єднання сталь – модифікований чавун проводилося за відомими методиками [18].

Дослідження пар тертя на зношення проводилось на машині тертя МТУ- 01 (ТУ 4271-001- 290346000) (рис. 3.4).



Рис. 3.4 – Загальний вигляд універсальної машини тертя МТУ- 01: 1 – ПК;  
2 – попередній підсилювач і модуль АЦП; 3 – тензодатчик;  
4 – з'єднання, що випробовується

Сумарний знос зразків і контрзразків по масі визначали зважуванням на лабораторних вагах (рис. 3.5) з погрішністю не більше 0,002 г.



Рис. 3.5 – Загальний вигляд лабораторних вагів

Тривалість випробувань становила 120 хв. при частоті обертання  $650 \text{ хв.}^{-1}$  і навантаженню 300 Н. Попередньо проводилося припрацювання зразків протягом 60 хв. Після проведення випробувань зразки ретельно промивали впродовж 15 хвилин у бензолі, висушували впродовж 40 хвилин в сушильній шафі СНОЛ-16, при цьому температура повітря складала  $60...70^{\circ}\text{C}$ , і зважували на вагах. Потім визначали середнє зношування по трьом дослідам.

#### 3.4 Методика відновлення валу кормороздатчика

Вал кормороздатчика сприймає статодинамічні навантаження в процесі роботи, що приводить до порушення посадок в з'єднаннях. Враховуючи його довжину, у вала появляється деформація в вигляді згину, яка усувається правкою. Зношуються поверхні під підшипник на розмірі  $\varnothing 40_{-0,01}^{+0,05} \text{ мм}$  (рис. 3.6). Крім того, зношуються поверхні шпонкових пазів. Для відновлення двох останніх дефектів застосовується наплавлення у

вуглекислому газі дротом Нп-30ХГСА з послідуєчим процесом поверхневого пластичного деформування (ППД).

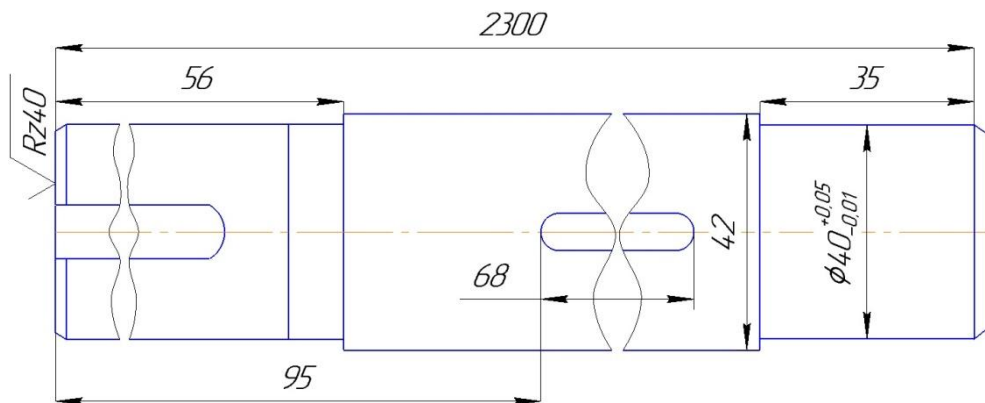


Рис. 3.6 – Робоче креслення валу кормороздатчика КТУ-10

Визначення оптимальних режимів процесу поверхневого пластичного деформування проведемо з застосуванням моделі, представленій на рис. 3.7.

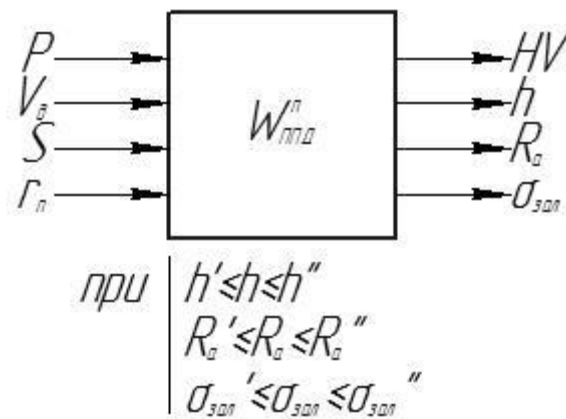


Рис. 3.7 – Схема моделі дослідного процесу зміцнення ППД

Для цих досліджень в якості входних параметрів процесу оцінювались: тиск інструменту ( $P = 30 \text{ МПа}$ ), його поздовжня подача ( $S = 0,2 \text{ мм/об.}$ ), геометрія (профільний радіус  $r_a = 10 \text{ мм}$ ) і колова швидкість деталі ( $V_0 = 10 \text{ м/хв.}$ ). Вихідним параметром процесу слугує вектор параметрів

якості, який визначається твердістю HV і шорсткістю Ra зміцненої поверхні, глибиною зміцненого шару і ступенем його внутрішнього напруження  $\sigma$ .

Для визначення шорсткості поверхонь зразків або деталей використовували профілометр моделі 296 з цифровою індикацією і індуктивним перетворювачем.

Твердість оброблених поверхонь визначалася за методом Бринелля з застосуванням твердоміра ТШ-2М. Інші параметри визначалися за методиками, наведеними в підрозділі 3.3.

Висновок по розділу.

1. Обґрунтована методика для відновлення молотків дробарок армуванням робочого кута вольфрамокобальтовими твердосплавними елементами (ВК6, ВК8), з пайкою-наплавкою високоміцним залізовуглецевим сплавом-припоєм, може бути реалізована в виробничих підрозділах з ремонту обладнання тваринницьких ферм.

2. Застосування поверхневого пластичного деформування в технологічному процесі відновлення вала кормороздатчика суттєво буде впливати на такі параметри якості, як твердість і шорсткість відновленої поверхні.

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

### 4.1 Результати дослідження фізико-механічних властивостей відновленої поверхні молотка дробарки

Дослідження відновлення молотка дробарки показали, що запропоновані способи відновлення робочої частини молотка принципово змінюють характеристики зносу та істотно підвищують довговічність молотків.

При армуванні робочого кута твердим сплавом ефект досягається тим, що вставка встановлена в зоні максимальної швидкості і тиску, її кутове розташування забезпечує малий (2-3 мм) переріз потиличної фаски та захист тврдосплавного елемента від руйнування при можливих ударах сторонніх предметів.

Залізовуглецевий припій, який застосовується при цьому, забезпечує високоміцне дифузійне з'єднання твердого сплаву з корпусом молотка ( $\tau_{zp} > 420 \text{ МПа}$ ), зміцнює робочі грані молотка за рахунок формування на поверхні шару 0,2-0,5 мм відбіленого чавуну та високовуглецевої дифузійної зони глибиною до 0,5 мм.

При зміцненні молотків за іншими варіантами відбувається також на дифузійному рівні науглецювання корпусу молотка при наплавленні зносостійкого шару. В результаті граням робочого кута надається прямолінійність і формується орієнтована високотверда ( $HRC52\dots61$ ) в'язка мікроструктура наплавленого шару.

Експериментальні дослідження впливу технологічних режимів на структуроутворення проводилися варіюванням факторів у межах накладених технологічних обмежень. Отримані результати представлено в табл. 4.1 та наведено на рис. 4.1.

Таблиця 4.1 – Залежність міцності з'єднання від величини дифузійної зони при формуванні робочого кута вольфрамокобальтовими твердосплавними елементами (ВК8)

№ з/п	Міцність з'єднання, $T_{зр}$ , МПа	Величина дифузійної зони, $H_D$ , мм·10 <sup>-2</sup>
1	300	2,5
2	500	5,0
3	550	7,5
4	580	10,0
5	600	12,5
6	610	15,0
7	615	17,5
8	620	20,0
9	625	22,5
10	625	25,0

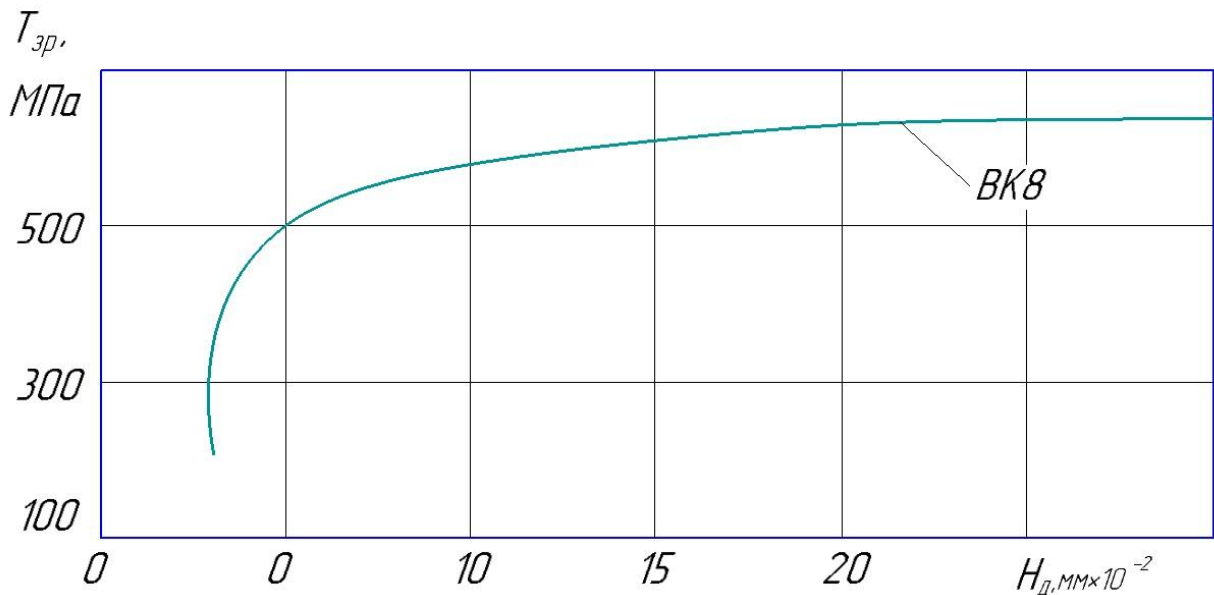


Рис. 4.1 – Залежність міцності з'єднання від величини дифузійної зони

Аналіз отриманих результатів (табл. 4.1 та рис. 4.1) показує, що в початковий період формування дифузійного з'єднання твердого сплаву з корпусом молотка –  $H_D = (2,5 \dots 5,0) \cdot 10^{-2}$  мм різко зростає міцність з'єднання і досягає –  $T_{зр} = 500$  МПа, що обумовлюється інтенсивним дифузійним насиченням твердого сплаву поверхні корпусу молотка. З наступним зростанням величини дифузійної зони до  $H_D = (15,0) \cdot 10^{-2}$  мм міцність з'єднання досягає значень  $T_{зр} = 610$  МПа, і в подальшому зі збільшенням

дифузійної зони міцність з'єднання практично не підвищується, про що свідчить лінійний вигляд графіка в цій зоні. Для даної зони значення міцності з'єднання наближаються до значень фізико-механічних властивостей матеріалів, що застосовуються для відновлення молотка.

Результати досліджень міцності з'єднання твердого сплаву з поверхнею молотка від товщини паяного шва представлено в табл. 4.2 та наведено на рис. 4.2.

Таблиця 4.2 – Залежність міцності з'єднання твердосплавного елемента (BK8) від товщини паяного шва

№ з/п	Міцність з'єднання, $T_{зр}$ , МПа	Товщина паяного шва, $H_{II}$ , мм
1	100	0,125
2	350	0,25
3	500	0,375
4	550	0,50
5	590	0,625
6	580	0,75
7	570	0,875
8	520	1,0
9	500	1,125
10	420	1,25
11	390	1,375

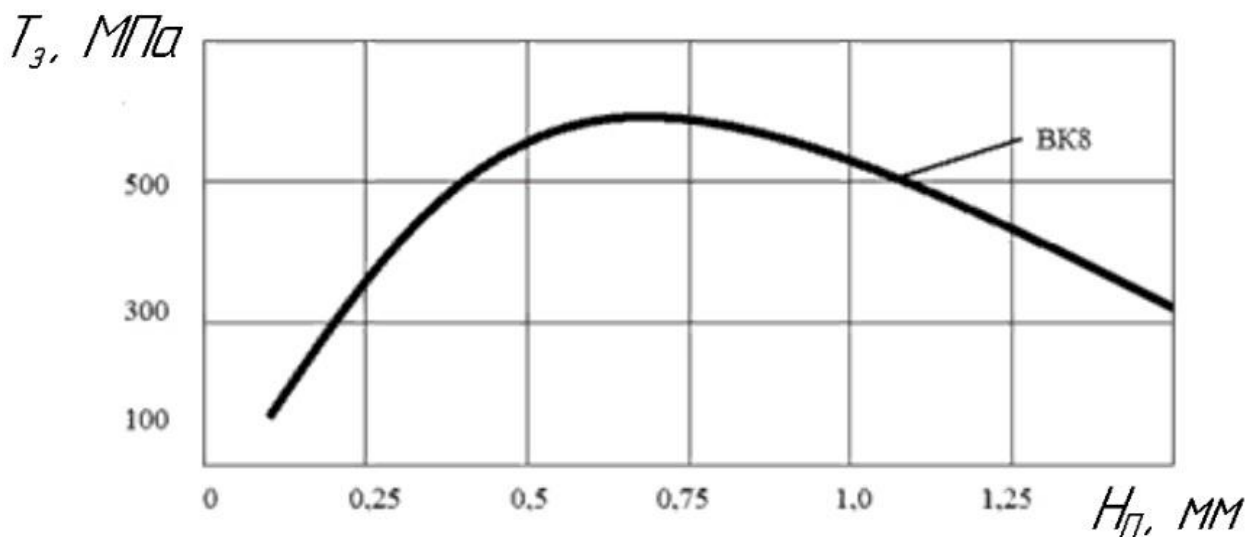


Рис. 4.2 – Залежність міцності з'єднання від товщини паяного шва

Аналіз результатів впливу товщини паяного шва на міцність з'єднання показує, що в інтервалі товщини шва від 0,125 мм до 0,625 мм міцність з'єднання зростає відповідно від 100 МПа до 590 МПа, і вказує на те, що

залізовуглецевий припій, який застосовується при цьому, забезпечує високоміцне дифузійне з'єднання. При подальшому зростанні товщини паяного шва спостерігається зменшення міцності з'єднання, що обумовлюється тим, що при таких товщинах шва з'єднання, які формуються через дифузійний зв'язок, мають гірші показники фізико-механічних властивостей зони з'єднання в порівнянні з твердосплавним матеріалом, що напаяється.

Визначення зносостійкості відновленого молотка за запропонованим способом в порівнянні з новим (серійним), виготовленим зі сталі 65Г, проводилось за методикою, наведеною в підрозділі 3.3.

Результати зношення зразків за часом на протязі 120 хв. представлені на рис. 4.3.

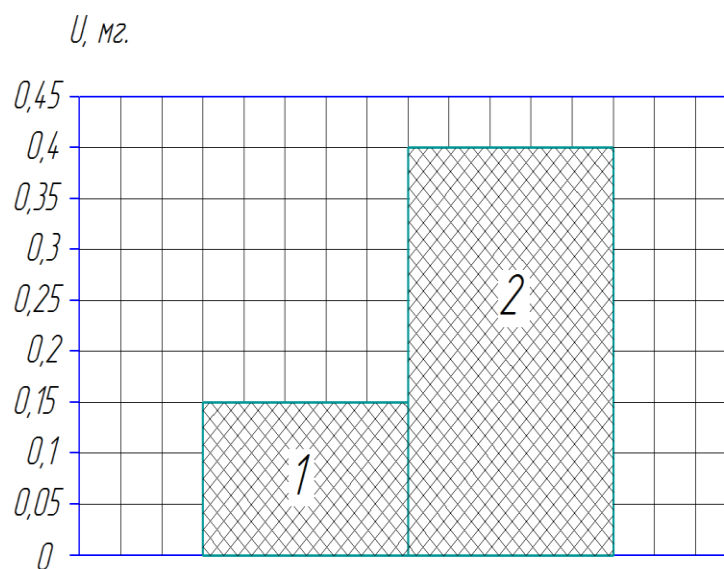


Рис. 4.3 – Зношування зразків:

1 – молоток дробарки відновлено армуванням робочого кута вольфрамокобальтовими твердосплавними елементами (ВК6, ВК8) з пайкою-напайкою високоміцним залізовуглецевим сплавом-припоєм;

2 – молоток дробарки новий, виготовлений зі сталі 65Г

Аналіз результатів досліджень показав, що зносостійкість зразків, зміцнених армуванням твердим сплавом та залізовуглецевим припоєм, збільшується майже у 3 рази в порівнянні з серійним зразком зі сталі 65Г, що вказує на високу втомно-абразивну стійкість відновлених зразків.



## 4.2 Результати впливу поверхневого пластичного деформування на показники твердості та шорсткості відновлених поверхонь валу

Для відновлення основних дефектів вала кормороздатчика (рис. 3.6) застосовується автоматична наплавка в захисному середовищі  $\text{CO}_2$  дротом Нп-30ХГСА з послідуєчим процесом поверхневого пластичного деформування (ППД).

Досліджувався вплив поверхневого пластичного деформування на показники твердості та шорсткості відновлених поверхонь валу.

Результати впливу тиску оправки на показники шорсткості і твердості відновленої поверхні валу представлено в табл. 4.3 і наведено на рис. 4.4.

Таблиця 4.3 – Показники шорсткості і твердості відновленої поверхні валу в залежності від тиску інструмента при зміцненні

№ з/п	Значення тиску оправки, $P$ , кН	Значення шорсткості, $R_a$ , мкм	Показники твердості, $HV$
1	0,5	7,2	420
2	1,0	4,2	480
3	2,0	1,8	530
4	3,0	1,2	570
5	4,0	1,7	590
6	5,0	2,2	610

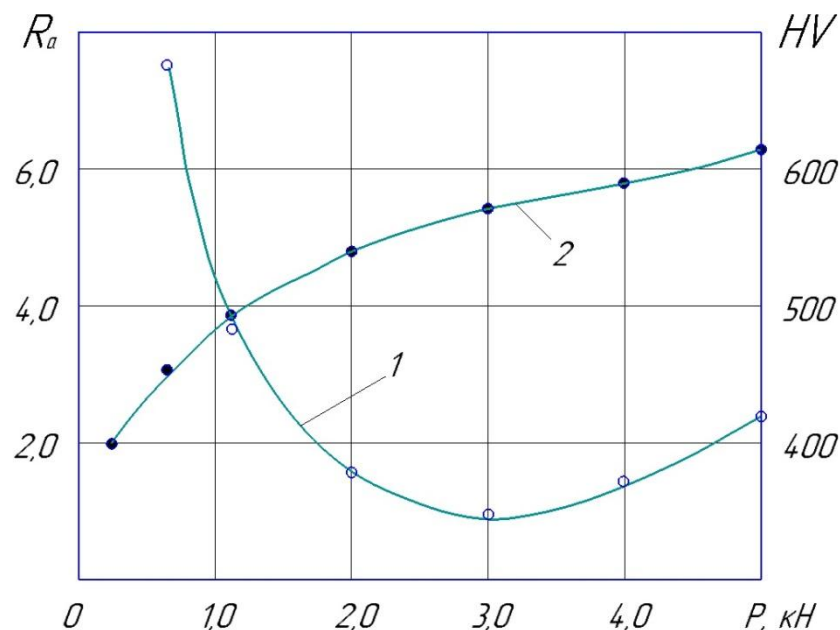


Рис. 4.4 – Зміна шорсткості (1) і твердості (2) відновлених наплавленням поверхонь валу при зміцненні в залежності від тиску інструмента

Аналіз отриманих результатів показує, що зі зростанням тиску оправки на деталь до  $P = 3,0 \text{ кН}$  шорсткість поверхні зменшується від  $R_a = 7,2 \text{ мкм}$  на початку деформації до  $R_a = 1,2 \text{ мкм}$ . При подальшому збільшенні тиску оправки до  $P = 5,0 \text{ кН}$  шорсткість поверхні зростає до  $R_a = 2,2 \text{ мкм}$ , так як при таких зусиллях оправки на деталь починаються процеси руйнування поверхневих шарів деталі під дією робочого органу оправки.

При цьому показник твердості поверхні деталі постійно збільшується зі збільшенням тиску оправки. Необхідно відмітити, що більш інтенсивно зростання твердості спостерігається під тиском оправки  $P = 3,0 \text{ кН}$  і становить  $570 \text{ HV}$ . При значенні тиску оправки  $P = 5,0 \text{ кН}$  значення твердості поверхні складо  $610 \text{ HV}$ , що обумовлюється значним ущільненням зерен кристалової решітки металу по їх границям.

Таким чином, із дослідження впливу тиску оправки на шорсткість і твердість поверхні при проведенні пластичного деформування, оптимальним буде значення тиску  $P = 3,0 \text{ кН}$ , при якому спостерігаються оптимальні показники як шорсткості, так і твердості.

Результати впливу поздовжньої подачі на показники шорсткості і твердості відновленої поверхні валу представлено в табл. 4.4 і наведено на рис. 4.5.

Таблиця 4.4 – Показники шорсткості і твердості відновленої поверхні валу в залежності від подачі інструмента при зміцненні

№ з/п	Значення тиску оправки, $S$ , мм/об.	Значення шорсткості, $R_a$ , мкм	Показники твердості, $HV$
1	1,0	0,5	410
2	2,0	1,0	380
3	3,0	1,2	360
4	4,0	2,2	350
5	5,0	3,2	300

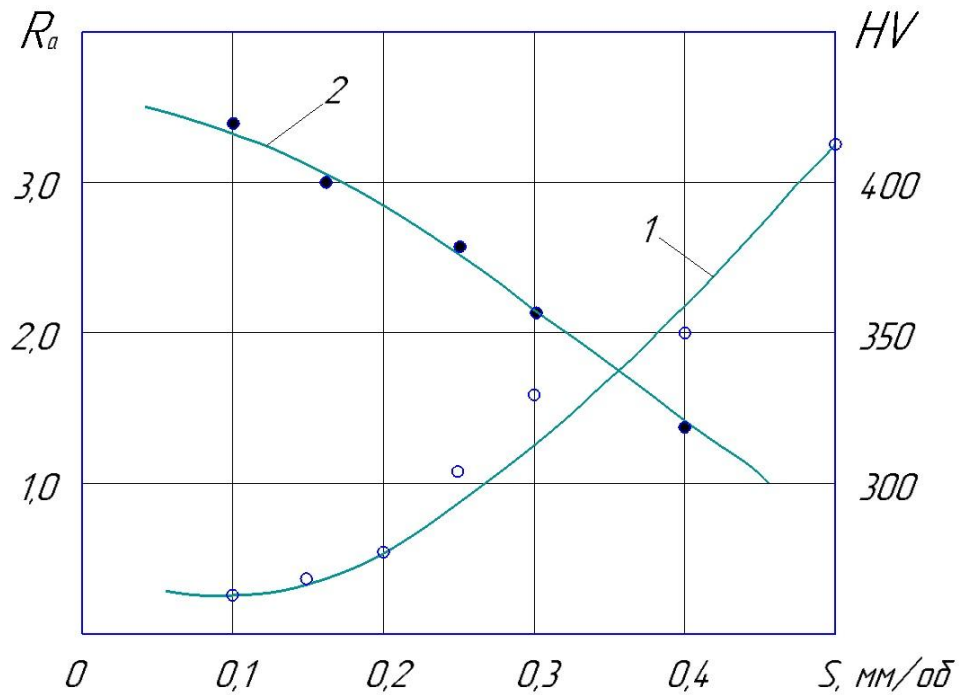


Рис. 4.5 – Зміна шорсткості (1) і твердості (2) відновлених наплавленням поверхонь при зміцненні в залежності від поздовжньої подачі оправки.

Аналіз отриманих результатів показує, що зі збільшенням подачі оправки також збільшується і шорсткість поверхні. В інтервалі подачі від  $S = 0,1 \text{ мм/об.}$  на початку випробувань до  $S = 0,5 \text{ мм/об.}$  на кінці шорсткість відповідно змінилась з  $R_a = 0,5 \text{ мкм}$  до  $R_a = 3,2 \text{ мкм}$ , що в цілому відповідає технічним вимогам на шорсткість поверхні валу.

Разом з тим, зі збільшенням подачі оправки твердість поверхні зменшується і при максимальній подачі  $S = 0,5 \text{ мм/об.}$  твердість становить  $300 \text{ HV}$ . Такий стан справи обумовлюється зменшенням тривалості контакту оправки з деталлю через зростання повздовжньої подачі оправки, що не дає ефективно провести пластичне деформування поверхні. Таким чином, для ефективного проведення поверхневого пластичного деформування оптимальною буде повздовжня подача оправки в інтервалі  $S = 0,2 \dots 0,3 \text{ мм/об.}$

Висновок по розділу.

1. Зі зростанням величини дифузійної зони з'єднання твердого сплаву з корпусом молотка до  $H_D = (15,0) \cdot 10^{-2}$  мм міцність з'єднання досягає значень  $T_{зр} = 610$  МПа, і в подальшому зі збільшенням дифузійної зони міцність з'єднання практично не підвищується, так як значення міцності з'єднання наближаються до значень фізико-механічних властивостей матеріалів, що застосовуються для відновлення молотка.

2. В інтервалі товщини паяного шва від 0,125 мм до 0,625 мм міцність з'єднання зростає відповідно від 100 МПа до 590 МПа і вказує на те, що залізовуглецевий припій, який застосовується при цьому, забезпечує високоміцне дифузійне з'єднання. Зі зростанням товщини паяного шва спостерігається зменшення міцності з'єднання, що обумовлюється гіршими показниками фізико-механічних властивостей зони з'єднання в порівнянні з твердосплавним матеріалом, що напаяється.

3. Зносостійкість зразків, зміцнених армуванням твердим сплавом та залізовуглецевим припоєм, збільшується майже у 3 рази в порівнянні з серійним зразком зі сталі 65Г, що вказує на високу втомно-абразивну стійкість відновлених зразків.

4. При проведенні поверхневого пластичного деформування відновленої поверхні валу кормороздатчика ефективним буде значення тиску оправки  $P = 3,0$  кН, при якому спостерігаються оптимальні показники як шорсткості, так і твердості поверхні.

5. Зі збільшенням подачі оправки при обробленні поверхні валу в інтервалі подачі від  $S = 0,1$  мм/об. на початку випробувань до  $S = 0,5$  мм/об. шорсткість відповідно змінилась з  $R_a = 0,5$  мкм до  $R_a = 3,2$  мкм, що в цілому відповідає технічним вимогам на шорсткість поверхні валу.

6. Зі збільшенням подачі оправки твердість поверхні зменшується і при максимальній подачі  $S = 0,5$  мм/об. твердість становить  $300$  HV, що обумовлюється зменшенням тривалості контакту оправки з деталлю через зростання повздовжньої подачі оправки.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Організація охорони праці в лабораторії з відновлення деталей

В роботі розглядаються питання з підвищення якості ремонту обладнання тваринницьких ферм. Забезпечити високу експлуатаційну надійність машин та обладнання тваринницьких ферм можливо за рахунок застосування передових технологічних процесів з відновлення їх деталей..

Програмою експериментальних досліджень в лабораторії передбачається проведення дефектувальних робіт, відновлювальних робіт, пов'язаних з нарощуванням зношеної поверхні, робіт з механічної обробки деталей.

Для їх впровадження необхідно створити умови праці, які значно покращать роботу дослідника, дадуть можливість уникнути травматизму на робочих місцях.

Забезпечення необхідних умов праці в дослідній лабораторії покладається на завідувача кафедрою та безпосередньо на завідувача лабораторією, які створюють умови праці на робочих місцях в відповідності до нормативно-правових актів.

Керівник підрозділу організовує проведення аудиту охорони праці, умов праці при проведенні лабораторних досліджень, оцінку технічного стану виробничого обладнання та устаткування, атестацій робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці в порядку і строки, що визначаються законодавством, та за їх підсумками вживає заходів до усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів.

Дослідник повинен чітко знати свої обов'язки при виконанні робіт в лабораторії, перед початком роботи, в процесі роботи і після її закінчення. Він, під час прийняття на роботу та періодично в відповідності до нормативно-правових актів повинен проходити інструктажі.

В процесі проведення досліджень необхідно слідкувати за технічним станом обладнання і при появі несправності сповіщати про це завідувача лабораторією.

До об'єктів підвищеної небезпеки в лабораторії відносяться робочі місця для наплавки деталей під шаром флюсу, напівавтоматичне наплавлення деталей в захисному середовищі CO<sub>2</sub>, відновлення деталей вібродуговим наплавленням, робоче місце токаря, відновлення деталей аргоно-дуговим зварюванням.

Робота на механізованих установках лабораторії обумовлює появу шкідливих і небезпечних факторів.

В відповідності до [19], *«шкідливий виробничий фактор - фактор середовища і трудового процесу, вплив якого на працюючого за певних умов (інтенсивність, тривалість та ін.) може викликати професійне захворювання, тимчасове або стійке зниження працездатності, підвищити частоту соматичних і інфекційних захворювань, призвести до порушення здоров'я нащадків»*.

*«Небезпечний (виробничий) фактор - виробничий фактор, вплив якого на працівника у певних умовах призводить до травм, гострого отруєння або іншого раптового різкого погіршення здоров'я або до смерті»* згідно [19].

До шкідливих виробничих факторів в лабораторії належать лужні розчини, які застосовуються для знежирення деталей і можуть визвати опіки шкіри на руках, а також зварювальні роботи, які обумовлюють наявність зварювального аерозолю, який впливає на стан зварювальника та оточуючих його робітників.

До небезпечних виробничих факторів в лабораторії належать в основному фізичні фактори, до яких слід віднести обертання рухомих частин обладнання, шуми та вібрації при роботі обладнання та ін.

В зв'язку з цим в приміщенні лабораторії необхідно передбачити заходи, які зменшать негативний вплив на робітника наведених факторів.

## 5.2 Аналіз умов праці та пожежної безпеки в лабораторії з відновлення деталей

Для відновлення деталей з послідуною механічною обробкою лабораторії організовані робочі місця, які забезпечені основним обладнанням. До нього відносяться: установка для наплавки деталей під шаром флюсу – ОКС-11200, для наплавки в середовищі вуглекислого газу наплавлювальна головка А-580, джерело живлення ВС-300, головка для вібродугового напилення – ОКС-6569, установка –УДГ-501 для аргонно-дугового зварювання, токарно-гвинторізний верстат – 1К62.

Основне та допоміжне обладнання лабораторії розміщено в відповідності до норм, які забезпечують вимоги для проходів згідно ДБН В.2.2-28:2010 [20].

Приміщення дослідницької лабораторії опалюються за допомогою власної котельні, яка розміщується на території університету і забезпечує необхідний температурний режим в лабораторії, в відповідності до вимог згідно ДБН В.2.5-67:2013 [21].

Інтер'єр приміщення виконано в наступних тонах: стіни та стеля мають білий колір, а підлога забарвлена світло-коричневим кольором, що в цілому відповідає вимогам згідно з СН 181-70 [22].

Згідно з ДБН В.2.5-28-2006 [23] приміщення лабораторії відноситься до розряду зорової роботи  $IV_g$  - середньої точності. Для якої найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення знаходиться в інтервалі - більше 0,5мм і до 1,0 мм. Нормована освітленість при загальному освітленні становить 200 лк. Сукупність нормованих величин показника осліпленості становить – 40 і коефіцієнта пульсації – 20%. Нормоване значення коефіцієнта природної освітленості при верхньому і комбінованому освітленні дорівнює-2,4%, а для бокового освітлення -0,9%. В приміщенні використовуються люмінесцентні лампи.

При виконанні робіт в лабораторії мають місце фізичні та хімічні небезпечні виробничі фактори за ДСТ 12.0.003-74 [24]: падіння деталей зі

спеціальних підставок; відсутність або не ефективний захист рухомих частин основного обладнання; термічні фактори; осколки металу або деталі, які відлітають при проведенні слюсарних операцій; гострі кромки деталей, вузлів, агрегатів, інструмента і пристосування та ін.

Шкідливі виробничі фактори: наявність у повітрі парів газу, миючих розчинів; шуми та вібрації від роботи верстатів, наплавлювальних установок, та інструменту.

Більшість виробничих процесів в лабораторії супроводжуються виділенням у повітря в процесі зварювання та наплавлення токсичних речовин, які потрапивши до організму людини, викликають отруєння організму.

Проведений аналіз умов праці згідно з ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 [25] дає можливість зробити висновок, що умови роботи на робочих місцях відносяться до другого класу «Допустимі», які характеризуються рівнями факторів виробничого середовища і трудового процесу, що не перевищують встановлених гігієнічних нормативів.

Пожежі в приміщенні лабораторії можуть виникнути в результаті спалаху електроустаткування при перевантаженнях, перегрівих і коротких замиканнях (клас пожежі - Е) згідно ДБН В.1.1.7-2002 [26].

### 5.3 Заходи поліпшення умов праці в лабораторії

Для покращення умов праці на робочих місцях і запобіганню травматизму в лабораторії з відновлення деталей необхідно зробити наступне: забезпечити місцевою витяжною вентиляцією робочі місця з наплавлення деталей під шаром флюсу та аргоно-дуговим зварюванням, організувати зберігання деталей на спеціальних підставках, передбачити повне заземлення користувачів електроенергії; установити віброізоляційні амортизатори на обладнання, яке в процесі роботи являється підвищеним джерелом рівня вібрації і шуму, забезпечити робоче місце токаря столами та



підставками для розміщення деталей, установити на робоче місце дефектувальника місцеве освітлення.

При проведенні зварювально-наплавлювальних робіт в лабораторії виникає забрудненість повітря в результаті випаровування шкідливих газів, які не повністю видаляються місцевою вентиляцією. В зв'язку з цим, проведемо розрахунок повітрообміну в лабораторії.

Необхідно визначити витрату припливного повітря в приміщенні лабораторії з наступними вихідними даними: кількість працюючих установок для проведення зварювально-наплавлювальних робіт - 1, площа приміщення -  $32 \text{ м}^2$ , об'єм приміщення  $96 \text{ м}^3$ , концентрація шкідливих речовин у повітрі  $g_0 = 0,75 \text{ г/м}^3$ . У цей момент у приміщенні починає діяти джерело виділення шкідливих речовин постійної продуктивності (установка для наплавки)  $M_c = 123 \text{ мг/год}$ , час, потрібний для проведення дослідження 2 години, кількість  $\text{CO}_2$  від дихання людини  $M_n = 30 \text{ мг/год}$ , гранично допустима концентрація  $\text{CO}_2$  дорівнює  $1,5 \text{ г/м}^3$ .

Визначимо фактичну концентрацію за формулою [21]:

$$g_\phi = \frac{M \cdot N}{V} + g_0, \quad (5.1)$$

де  $M$  – продуктивність джерела шкідливих речовин,  $\text{г/год}$ ;

$N$  – час, що потрібний для дослідження,  $\text{год}$  .;

$V$  – об'єм робочого приміщення,  $\text{м}^3$ ;

$g_0$  – початкова концентрація шкідливих речовин в повітрі робочого приміщення,  $\text{г/м}^3$ .

$$g_\phi = \frac{(0,123 + 0,030)2}{96} + 0,75 = 0,754 \text{ г/м}^3$$

Фактична концентрація за час дослідження не буде перевищувати ГДК:

$g_{\phi} = 0,754 \text{ г} / \text{м}^3 > g_{\text{гдк}} = 1,5 \text{ г} / \text{м}^3$ , що вказує на можливість обмежитися природним повітрообміном.

*Визначаємо необхідний мінімальний повітрообмін.*

Якщо використовуватимемо вимогу дотримання необхідної кратності повітрообміну в годину, а кратність для лабораторій повинна бути не менше 10-го повітрообміну в годину, то набудемо наступного значення витрати повітря

$$Q = 10 \cdot 96 (\text{м}^3 / \text{год}) = 960 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Для видалення такої кількості повітря з приміщення доцільно застосувати вентилятор ВК 250.

Типове рішення вентиляції для лабораторії, в якій проводяться роботи з відновлення деталей, представлено на рис. 5.1.

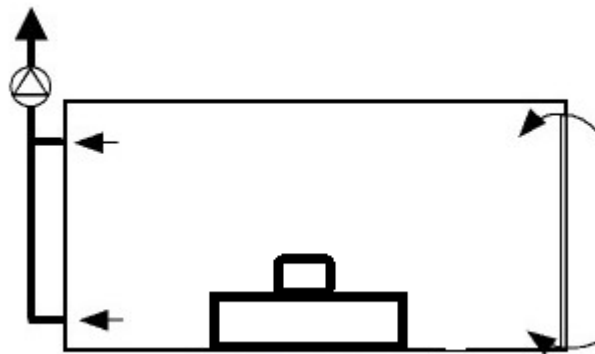


Рис.5.1 – Схема вентиляції для приміщення

Небезпека виникнення пожежі на дільниці зменшена наступними розробленими заходами: правильний вибір, монтаж і експлуатація електричних ланцюгів; дотримання правил експлуатації, оглядів, ремонт і іспитів електричних установок; для ліквідації наслідків короткого замикання використовують швидкодіючий релейний захист і вимикачі, автомати і плавкі запобіжники.

На випадок виникнення пожежі для його гасіння використовуються первинні засоби пожежогасіння відповідно до норм. Ці норми затверджують вищестоящі організації.

Для гасіння пожеж використовується вода технічна, вогнегасники. У випадку пожежі евакуація людей повинна проходити по справних шляхах евакуації. При цьому не допускається загородження проходів, переходів.

В лабораторії з відновлення деталей розроблені система протипожежного захисту та організаційно-технічні заходи, а саме – параметри евакуаційних шляхів та виходів, розташування пожежних сходів, кранів та гідрантів згідно з НАПБ А.01.001-2004. [27].

#### 5.4 Вимоги з охорони праці при проведенні електрозварювальних робіт

В лабораторії з відновлення деталей обладнання тваринницьких ферм основними роботами являються зварювально-паплавлювальні роботи, які потребують особливих вимог при їх виконанні. Основні положення для проведення зварювальних робіт наводяться в ВНАОП 6.1.36-5.01-95 [28].

В відповідності до [28], **«Загальні положення.** До виконання електрозварювальних робіт допускаються особи, які досягли 18-річного віку, визнані придатними медичною комісією, пройшли спеціальне навчання з безпечних методів і прийомів ведення робіт та мають кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче II.»

Електрозварник ручного зварювання, якого приймають на роботу, повинен пройти вступний інструктаж з охорони праці, виробничої санітарії, пожежної безпеки, прийомів і способів надання долікарської допомоги потерпілим.

Електрозварник, що приймається на роботу, після первинного інструктажу повинен протягом 2–15 змін (залежно від стажу, досвіду і характеру роботи) пройти стажування під керівництвом досвідченого,

кваліфікованого електрозварника ручного зварювання, який призначається наказом (розпорядженням) по організації.

Повторний інструктаж з правил і прийомів безпечного ведення роботи електрозварник повинен проходити: періодично, не рідше одного разу на квартал.

Електрозварник повинен працювати у спецодязі та спецвзутті, передбачених «Типовими галузевими нормами»: костюмі брезентовому або костюмі для зварника, рукавицях брезентових, черевиках шкіряних.

Робочі місця повинні бути забезпечені інвентарними загородженнями, захисними та запобіжними пристроями, повинні мати достатнє освітлення

Забороняється жити зварювальну дугу безпосередньо від силової та освітлювальної електромереж, зберігати легкозаймисті матеріали та вибухонебезпечні речовини в приміщеннях для зварювання, протирати деталі перед зварюванням бензином або гасом.

**Вимоги безпеки перед початком роботи** в відповідності до [28]:

«Перед початком роботи електрозварник повинен: надіти спецодяг, спецвзуття, застебнути манжети рукавів. При цьому куртка не повинна бути заправлена в брюки, а брюки мають бути випущені поверх черевиків. Одержати індивідуальні засоби захисту: щиток електрозварника – для захисту від бризок розплавленого металу, від дії променів електричної дуги; азбестові і брезентові нарукавники – для захисту від бризок розплавленого металу при стельовому зварюванні».

Оглянути і упорядкувати робоче місце і проходи поблизу нього, перевірити ізоляцію зварювальних проводів, переконатись у наявності заземлення електрозварювальної установки.

Забороняється залишати без догляду електродотримач під напругою, а також працювати при несправності зварювального агрегату, зварювальних проводів.

**Вимоги безпеки під час виконання роботи.** Зварювальний агрегат необхідно підключити до живильної мережі через індивідуальний рубильник проводом відповідного перерізу згідно з інструкцією по експлуатації

зварювальних агрегатів. При цьому відстань між зварювальним агрегатом і стіною має бути не менша за 0,5 м.

Під час виконання зварювальних робіт необхідно закривати обличчя щитком із світлофільтрами для захисту очей та обличчя від дії променів електричної дуги, а також бризок розплавленого металу.

Зварювальну установку слід заземляти до включення її в електромережу.

Забороняється захарашувати доступи і проходи до протипожежного інвентарю, вогнегасників та застосовувати електрозварювальні проводи з пошкодженим обплетенням чи ізоляцією.

Напруга холостого ходу джерел зварювального струму не повинна перевищувати максимальні значення, вказані в паспорті зварювального обладнання.

Про всі випадки обривання проводів, несправності заземлюючих пристроїв та інші пошкодження електрообладнання електрозварник повинен негайно повідомити майстра.

**Вимоги безпеки після закінчення роботи.** По закінченні роботи електрозварник повинен: відключити електрозварювальну установку від джерел електроенергії; виключити вентиляцію. Упорядкувати робоче місце, обладнання, інструменти і пристрої. Прибрати проводи та інструмент у відведене для них місце або здати в комору.

Зняти спецодяг і спецвзуття, очистити його від пилу та іншого бруду і покласти у відведене для зберігання місце та переодягтися.

Повідомити майстра про закінчення робіт і про всі неполадки під час проведення робіт.

## 5.5 Дії у надзвичайних ситуаціях при проведенні зварювальних операцій

Основні вимоги безпеки в аварійних ситуаціях при проведенні зварювальних операцій ґрунтовно розглянуто в [28].

В відповідності до [28]: « При виникненні аварійної ситуації електрозварник ручного зварювання повинен вимкнути струм у разі: пожежі в зоні роботи; травми, що трапилась з кимсь із робітників; ураження електричним струмом.

Електрозварник, помітивши загоряння, повинен негайно приступити до гасіння пожежі наявними засобами та повідомити адміністрацію. Для гасіння пожежі в електрозварювальній установці електрозварник повинен застосовувати вуглекислотний вогнегасник, сухий пісок або грубошерсту тканину [28].

Якщо погасити пожежу своїми силами неможливо, електрозварник повинен негайно викликати найближчу пожежну команду по телефону чи будь-якими засобами зв'язку.

При нещасних випадках електрозварник повинен уміти надати потерпілому першу долікарську медичну допомогу, при необхідності, викликати швидку медичну допомогу та повідомити адміністрацію.

При ураженні електричним струмом електрозварник повинен негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електрозварювальний апарат, та відтягнути його від струмоведучих частин [28].

Електрозварник повинен вміти надати першу допомогу при опіках. Не слід стягувати з обпеченого місця одяг і видаляти білизну, що прилипла до рани. При опіку очей електричною дугою необхідно робити холодні промочування борною кислотою.

Висновок по розділу.

1. Проведені розрахунки повітрообміну для лабораторії з відновлення деталей показали, що для забезпечення мінімально необхідного повітрообміну в приміщенні доцільно застосувати вентилятор ВК 250.

2. Детальний аналіз вимог з охорони праці при проведенні електрозварювальних робіт дає можливість визначитися з небезпечними та шкідливими факторами, які мають місце, і сформулювати організаційні заходи для зменшення їх дії.

## 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 6.1 Характеристика об'єкта дослідження

Об'єктом дослідження являються процеси зміни структурних параметрів технічного стану деталей обладнання тваринницьких ферм та ремонтно-технологічні методи підвищення їх післяремонтної довговічності.

Економічна оцінка проектних рішень розраховується з врахуванням розроблених технологічних процесів відновлення ресурсолімітуючих деталей машин для приготування корму та роздачі корму.

Організація проведення робіт з відновлення деталей агрегатів тваринницьких ферм, передбачається в майстерні з відновлення деталей відкритого акціонерного товариства Дніпропетровський Агротехсервіс.

Проведений аналіз технологічних процесів з відновлення деталей в спеціалізованій майстерні вказав на необхідність придбання додаткового обладнання для реалізації запропонованих способів з відновлення деталей обладнання тваринницьких ферм.

За результатами роботи передбачається провести технологічне переозброєння спеціалізованої майстерні за рахунок придбання необхідного обладнання для впровадження запропонованих заходів. Реалізація запропонованих заходів не передбачає збільшення площі ремонтної майстерні в зв'язку з наявністю в майстерні незадіяних площ.

### 6.2 Проектні рішення і розрахунок потреби в інвестиціях

Для реалізації запропонованих ремонтно-відновлювальних робіт організаційними заходами передбачається придбання додаткового основного обладнання, вартість якого приведена в табл. 6.1. В процесі проектування було проведене технологічне перепланування майстерні без зміни її загальної площі.

Таблиця 6.1 – Марка та вартість додаткового основного обладнання

№ з/п	Найменування обладнання	Тип, марка	К-ть	Вартість, грн.
1	Переобладнаний верстат для наплавки валів 16К20	16К20	1	70 000
2	Установка для пластичної деформації поверхонь деталей	Власного виготовлення	1	30 000
	Всього	-	2	100 000

Витрати на транспортування обладнання визначаються за формулою [29]:

$$Z_{mp} = \frac{Z_{ob} \cdot C_{mp}}{100}, \quad (6.1)$$

де  $Z_{ob}$  – загальна вартість обладнання, грн ( $Z_{ob} = 100000 \text{ грн}$ );

$C_{mp}$  – процент витрат на транспортування обладнання від його загальної вартості ( $C_{mp} = 10\%$ ) [29];

$$Z_{mp} = \frac{100000 \cdot 10}{100} = 10000 \text{ грн},$$

Витрати на монтаж обладнання:

$$Z_m = \frac{Z_{ob} \cdot C_m}{100}; \quad (6.2)$$

де  $C_m$  – процент витрат на монтаж обладнання від загальної вартості на обладнання ( $C_m = 15\%$ ) [29].

$$Z_m = \frac{100000 \cdot 15}{100} = 15000 \text{ грн}$$

Початкова вартість обладнання визначиться за формулою:

$$C_{ob} = Z_{ob} + Z_{mp} + Z_m, \quad (6.3)$$



$$C_{об} = 100000 + 10000 + 15000 = 125000 \text{ грн}$$

Витрати на технологічну оснастку визначаються за формулою:

$$З_{осн} = \frac{C_{об} \cdot C_{осн}}{100}, \quad (6.4)$$

де  $C_{осн}$  – доля затрат на оснастку (приймається 5 % від початкової вартості обладнання).

$$З_{осн} = \frac{125000 \cdot 5}{100} = 6250 \text{ грн}$$

Розрахунок капіталовкладень для впровадження проектних рішень складе:

$$\Delta K = C_{об} + З_{осн}, \quad (6.5)$$

$$\Delta K = 125000 + 6250 = 131250 \text{ грн}$$

Отже, для реалізації запропонованих заходів, направлених на удосконалення технології відновлення валу кормороздавальної машини, необхідно провести капіталовкладення в розмірі 131 250 грн.

Економічна ефективність проекту оцінюється по рівню планового прибутку та рентабельності ремонтних робіт.

### 6.3 Розрахунок собівартості відновлювальних робіт

Собівартість відновлення деталей для спряження розраховується, виходячи із матеріальних затрат на матеріали, витрат на заробітну плату з нарахуваннями, електроенергію та ін.

Вихідні дані для обґрунтування економічної ефективності роботи наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Вихідні данні для розрахунку собівартості робіт

Показники	Значення показників	
	базові	проектні
Річна програма відновлення деталей, шт.	30	60
Кількість слюсарів - ремонтників, осіб	1	2
Середньомісячна заробітна плата робітника, грн	7500	7500
Вартість діючого обладнання для проведення ремонту, грн	125000	-
Вартість придбаного обладнання, грн	-	131250
Річні витрати електроенергії, кВт/год.	22000	32000
Ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн	1,96	1,96
Вартість од. ремонту, грн	8600	8600

Для проведення економічної оцінки роботи необхідно визначити поточні витрати ( $ПВ$ ), застосувавши вираз:

$$ПВ = Z_i + C_a + C_e + C_{p.o.} + C_{p.m} + C_{in}, \quad (6.6)$$

де  $Z_i$  – заробітна плата з нарахуванням, *грн*;

$C_a$  – вартість амортизаційних відрахувань, *грн*;

$C_e$  – вартість електроенергії, *грн*;

$C_{p.o.}$  – витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування обладнання, *грн*;

$C_{p.m}$  – вартість ремонтних матеріалів складає 10 % від заробітної плати робочих;

Річна заробітна плата основних робочих для базового і проектного варіанту з нарахуваннями визначається за виразом:

$$Z_p = Z_{cp} \cdot N_{роб} \cdot 12 + Z_n, \quad (6.7)$$

де  $Z_{cp}$  – середньомісячна заробітна плата робітника, *грн*

(для базового і проектного варіантів  $Z_{cp}^B = Z_{cp}^П = 7500$  *грн*);

$N_{роб}$  – кількість основних робітників, чол. (для базового варіанту  $N_{роб}^б = 1чол.$ , для проектного варіанту  $N_{роб}^п = 2чол.$ );

$Z_n$  – нарахування на зарплату, грн ( $Z_n = 0,22 \cdot Z_p$ ).

$$Z_p^б = 7500 \cdot 1 \cdot 12 = 90000 \text{ грн}$$

$$Z_p^п = 7500 \cdot 2 \cdot 12 = 180000 \text{ грн}$$

Нарахування на зарплату визначаються:

$$Z_n^б = 0,22 \cdot 90000 = 19800,0 \text{ грн}$$

$$Z_n^п = 0,22 \cdot 180000 = 39600,0 \text{ грн}$$

Річна заробітна плата з нарахуваннями буде становити:

$$Z_p^б = 90000 + 19800,0 = 109800,0 \text{ грн}$$

$$Z_p^п = 180000 + 39600,0 = 219600,0 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування включають в себе витрати на амортизацію обладнання.

Витрати на амортизацію обладнання розраховуються за формулою:

$$C_a = \frac{B_{об} \cdot H_A}{100}, \quad (6.8)$$

де  $B_{об}$  – балансова вартість обладнання, грн (базовий варіант –  $B_{об}^б = 125000 \text{ грн}$ , проектний –  $B_{об}^п = 131250 \text{ грн}$ );

$H_A$  – норма амортизації, % ( $H_A = 21,93$  %) [29].

$$C_a^b = \frac{125000 \cdot 21,93}{100} = 27412,5 \text{ грн}$$

$$C_a^n = \frac{131250 \cdot 21,93}{100} = 28783,1 \text{ грн}$$

Витрати на електроенергію включають в себе витрати на роботу обладнання та освітлення приміщень і визначаються за виразом:

$$C_e = Q_e \cdot B_e, \quad (6.9)$$

де  $Q_e$  – річні витрати електроенергії,  $\text{кВт/год.}$  (для базового варіанту  $Q_e^b = 22000 \text{ кВт/год.}$ , для проектного варіанту  $Q_e^n = 32000 \text{ кВт/год.}$ );

$B_e$  – ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн ( $B_e = 1,96 \text{ грн}$ ).

$$C_e^b = 22000 \cdot 1,96 = 43120 \text{ грн}$$

$$C_e^n = 32000 \cdot 1,96 = 62720,0 \text{ грн}$$

Витрати ( $C_{p.o.}$ ) на поточний ремонт та технічне обслуговування обладнання складають 30 % від суми амортизаційних відрахувань на обладнання і визначаються за виразом:

$$C_{p.o.} = \frac{C_a \cdot 30}{100}, \quad (6.10)$$

Тоді

$$C_{p.o.}^b = \frac{27412,5 \cdot 30}{100} = 8223,8 \text{ грн.}$$

$$C_{p.o.}^n = \frac{28783,1 \cdot 30}{100} = 8634,9 \text{ грн.}$$

Вартість ремонтних матеріалів ( $C_{p.m}$ ) складає 10 % від заробітної плати ( $З_p$ ) робочих:

$$C_{p.m} = 0,1 \cdot З_p, \quad (6.11)$$

$$C_{p.m}^b = 0,1 \cdot 109800,0 = 10980,0 \text{ грн}$$

$$C_{p.m}^n = 0,1 \cdot 219600,0 = 21960,0 \text{ грн}$$

Інші витрати ( $C_{in}$ ) включають в себе витрати на спецодяг, інструменти, заходи з охорони праці, протипожежні заходи і складають 5 % від загальної суми експлуатаційних витрат:

$$C_{in} = \frac{(З_p + C_a + C_e + C_{p.o} + C_{p.m}) \cdot 5}{100}, \quad (6.12)$$

$$C_{in}^b = \frac{(109800,0 + 27412,5 + 43120,0 + 8223,8 + 10980,0) \cdot 5}{100} = 9976,8 \text{ грн}$$

$$C_{in}^n = \frac{(219600,0 + 28783,1 + 62720,0 + 8634,9 + 21960,0) \cdot 5}{100} = 17084,9 \text{ грн}$$

Тоді поточні витрати згідно виразу (6.6) складуть:

$$ПВ^b = 109800,0 + 27412,5 + 43120,0 + 8223,8 + 10980,0 + 9976,8 = 209513,1 \text{ грн}$$

$$ПВ^n = 219600,0 + 28783,1 + 62720,0 + 8634,9 + 21960,0 + 17084,9 = 358782,9 \text{ грн}$$

Повна собівартість проведених ремонтів ( $ПС$ ) визначиться за виразом:

$$ПС = ПВ \cdot 1,02,$$

де 1,02 – враховує інші витрати операційної діяльності.

$$ПС^{\bar{}} = 209513,1 \cdot 1,02 = 213703,4 \text{ грн}$$

$$ПС^n = 358782,9 \cdot 1,02 = 365958,6 \text{ грн}$$

Визначимо загальний прибуток з врахуванням того, що загальна вартість випускаючої продукції ( $W_{\bar{}}$ ) по валу становить для базового варіанту  $W_{\bar{}}^{\bar{}} = 258000 \text{ грн}$  і для проектного  $W_{\bar{}}^n = 516000 \text{ грн}$  за виразом:

$$\Pi_{\text{заг.}} = W_{\bar{}} - ПС, \quad (6.14)$$

$$\Pi_{\text{заг.}}^{\bar{}} = 258000 - 213703,4 = 44296,6 \text{ грн}$$

$$\Pi_{\text{заг.}}^n = 516000 - 365958,6 = 150041,4 \text{ грн}$$

Рівень рентабельності ( $P$ ) визначиться за виразом:

$$P = \frac{\Pi_{\text{заг.}}}{ПС} \cdot 100\%, \quad (6.15)$$

$$P^{\bar{}} = \frac{44296,6}{213703,4} \cdot 100\% = 17,2\%$$

$$P^n = \frac{150041,4}{365958,6} \cdot 100\% = 41,0\%$$

Річний економічний ефект ( $E_p$ ) визначиться за виразом:

$$E_p = \Pi_{\text{заг.}}^n - \Pi_{\text{заг.}}^{\bar{}}, \quad (6.16)$$

$$E_p = 150041,4 - 44296,6 = 105744,8 \text{ грн}$$

Термін окупності додаткових вкладень ( $T_{o.в.}$ ) визначиться за формулою:

$$T_{o.в.} = \frac{\Delta K}{E_p}, \quad (6.17)$$

$$T_o = \frac{131250,0}{105744,8} \approx 1,3 \text{ року}$$

Основні результати розрахунку представлені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Показники економічної ефективності роботи

Показники	Варіанти		Відхилення ( $\pm$ )	
	Базовий	Проектний	Абс.	Відн ., %
Об'єм капіталовкладень, грн.	-	131250	-	-
Річна програма з ремонту валів, од.	30	60	+30	100,0
Кількість основних робітників, осіб.	1	2	+1	100,0
Поточні витрати на ремонт валів грн.:				
- Зарплата з нарахуваннями	109800,0	219600,0	+109800,0	100
- Амортизація обладнання	27412,5	28783,1	+13170,6	5,0
- Поточний ремонт обладнання	8223,8	8634,9	+411,1	5,0
- Ремонтні матеріали	10980,0	21960,0	+10980,0	100,0
- Електроенергія	43120,0	51778,7	+8658,7	20,1
- Інші витрати (спецодяг, інструмент)	9976,8	17084,9	+7108,1	71,3
Всього поточних витрат, грн.	209513,1	358782,9	+149269,8	71,3
Повна собівартість продукції, грн.	213703,4	365958,6	+152255,2	71,3
Повна собівартість од. грн.	7123,5	6099,3	-1024,2	-14,4
Прейскурантна вартість (ціна) од. грн.	8600,0	8600,0	-	-
Загальний прибуток, грн.	44296,6	150041,8	+105744,8	-
Додатковий прибуток, грн.	-	105744,8	-	-
Рівень рентабельності, %	17,2	41,0	+23,8	-
Строк окупності інвестиційних затрат, років	-	1,3	-	

Висновок по розділу. Проведені розрахунки техніко-економічної ефективності розробленої технології відновлення валу кормороздавальної машини показують, що річний економічний ефект становить 150 041,8 грн, а строк окупності додаткових матеріальних затрат – 1,3 року, що вказує на доцільність проведених досліджень.



## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Найбільш ефективною стратегією для підтримання і відновлення роботоздатності машин і обладнання тваринницьких ферм буде стратегія за «станом – 2», для якої вводяться допустимі параметри технічного стану деталей, за якими вибраковування деталей ведеться з урахуванням швидкості зношування кожної деталі окремо при їх контролю за заданим графіком.

2. При формуванні сполучень деталей в процесі ремонту агрегатів необхідно враховувати розподіли розмірів робочих поверхонь частково зношених і придатних для подальшої експлуатації деталей і технічні вимоги на дефектацію та їх дотримання.

3. Розподіл розмірів робочих поверхонь частково зношених і придатних деталей описується нормальним законом. Це вказує на необхідність для частково зношених деталей при їх комплектуванні застосувати усічений розподіл робочих поверхонь деталей типу «вал» – ліворуч, для робочих поверхонь деталей типу «отвір» – праворуч, відносно графіка нормального розподілення величин зношення деталей.

4. Обґрунтована методика для відновлення молотків дробарок армуванням робочого кута вольфрамокобальтовими твердосплавними елементами (ВК6, ВК8) з пайкою-наплавкою високоміцним залізовуглецевим сплавом-припоєм може бути реалізована в виробничих підрозділах з ремонту обладнання тваринницьких ферм.

5. Застосування поверхневого пластичного деформування в технологічному процесі відновлення вала кормороздатчика буде суттєво впливати на такі параметри якості, як твердість і шорсткість відновленої поверхні.

6. Зі зростанням величини дифузійної зони до  $H_D = (15,0) \cdot 10^{-2} \text{ мм}$  міцність з'єднання досягає значень  $T_{зр} = 610 \text{ МПа}$ , і в подальшому зі збільшенням дифузійної зони міцність з'єднання практично не підвищується, так як значення міцності з'єднання наближаються до значень фізико-

механічних властивостей матеріалів, що застосовуються для відновлення молотка.

7. В інтервалі товщини паяного шва від 0,125 мм до 0,625 мм міцність з'єднання зростає відповідно від 100 МПа до 590 МПа і вказує на те, що залізовуглецевий припій, який застосовується при цьому, забезпечує високоміцне дифузійне з'єднання. Зі зростанням товщини паяного шва спостерігається зменшення міцності з'єднання, що обумовлюється гіршими показниками фізико-механічних властивостей зони з'єднання в порівнянні з твердосплавним матеріалом, що напаяється.

8. Зносостійкість зразків, зміцнених армуванням твердим сплавом та залізовуглецевим припоєм, збільшується майже у 3 рази в порівнянні з серійним зразком зі сталі 65Г, що вказує на високу втомно-абразивну стійкість відновлених зразків.

9. При проведенні поверхневого пластичного деформування відновленої поверхні валу кормороздатчика ефективним буде значення тиску оправки  $P = 3,0 \text{ кН}$ , при якому спостерігаються оптимальні показники як шорсткості, так і твердості поверхні.

10. Зі збільшенням подачі оправки при обробленні поверхні валу в інтервалі подачі від  $S = 0,1 \text{ мм/об.}$  на початку випробувань до  $S = 0,5 \text{ мм/об.}$  шорсткість відповідно змінилась з  $R_a = 0,5 \text{ мкм}$  до  $R_a = 3,2 \text{ мкм}$ , що в цілому відповідає технічним вимогам на шорсткість поверхні валу.

11. Зі збільшенням подачі оправки твердість поверхні зменшується і при максимальній подачі  $S = 0,5 \text{ мм/об.}$  твердість становить  $300 \text{ HV}$ , що обумовлюється зменшенням тривалості контакту оправки з деталлю через зростання повздовжньої подачі оправки.

12. Проведені розрахунки повітрообміну для лабораторії з відновлення деталей показали, що для забезпечення мінімально необхідного повітрообміну в приміщенні доцільно застосувати вентилятор ВК 250.

13. Детальний аналіз вимог з охорони праці при проведенні електрозварювальних робіт дає можливість визначитися з небезпечними та

шкідливими факторами, які мають місце, і сформувавши організаційні заходи для зменшення їх дії.

14. Проведені розрахунки техніко-економічної ефективності розробленої технології відновлення валу кормороздавальної машини показують, що річний економічний ефект становить 150 041,8 грн, а строк окупності додаткових матеріальних затрат – 1,3 року, що вказує на доцільність проведених досліджень.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Технічний сервіс машин у тваринництві: Підручник / О. А. Науменко, В. Д. Войтюк, М. І. Денисенко та ін.; За ред. О. А. Науменка, В. Д. Войтюка. – Київ-Харків: НАУ (ХНТУСГ), 2007. – 555 с.
2. Черноиванов В. И. Технический сервис технологического оборудования животноводческих ферм и комплексов как условие повышения эффективности отраслей животноводства / В. И. Черноиванов, А. Г. Елисеев // Вестник ВНИИМЖ – 2013. – № 2 (10) – С.35-42.
3. Андреев П. А. Техническое обслуживание машин и оборудования в животноводстве / П. А. Андреев, Р. Г. Муллаянов, А. Г. Лисовский – М. Россельхозиздат 1991, – 224 с.
4. Елисеев А. Г. Что и почему ломается на животноводческих фермах / А. Г. Елисеев // Аграрное образование – 2012. – № 6. – С.44-50.
5. Дирда В. І. Ремонт машин та обладнання. Навчальний посібник [Текст] / В. І. Дирда, П. Т. Мельянцеv, О. І. Кириленко та ін. – Дніпропетровськ, «Герда», 2015 – 306 с.
6. Артемьев Ю. Н. Качество ремонта и надежность машин в с/х. [Текст] / Ю. Н. Артемьев. – М.: Колос, 1991. – 239 с.
7. Бугаев В. Н. Эксплуатация и ремонт форсированных тракторных двигателей [Текст] / В. Н. Бугаев. – М.: Колос, 1981. – 208 с.
8. Черноиванов В. И. Организация и технология восстановления деталей машин. [Текст] / И. И. Черноиванов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 336 с.
9. Свіренко К.В. Обґрунтування організаційно-технологічних заходів з підвищення якості ремонту обладнання тваринницьких ферм / К. В. Свіренко // Інжиніринг агропромислового виробництва: матеріали Всеукр. студ. наук.-практ. конф. – Дніпро: ДДАЕУ, 2021. – С.30-32.
10. Хусу А. П. Шереховатость поверхностей (теоретико-вероятностный подход) / А.П. Хусу, Ю. Р. Витенберг, В. А. Пальмов – М.: «Наука», 1975. – 344 с.

11. Михлин В. М. Прогнозирование технического состояния машин. / В. М. Михлин – М.: Колос, 1976. – 287 с.
12. Надійність сільськогосподарської техніки. Підручник. Друге видання, перероблене і доповнене / М. І. Черновол. В. Ю. Черкун. В. В. Аулін [та ін.]: За заг. ред. М. І. Черновола. – Кіровоград: КОД, 2010. – 320 с.
13. Артемьев Ю. Н. Основы надежности сельскохозяйственной техники [Текст] / Ю. Н. Артемьев. – М.: Машиностроение, 1980. – 175 с.
14. Ардышев А.Н. Повышение долговечности молотковых рабочих органов кормодробилок / А. Н. Ардышев, В. В. Коноводов // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования – Новосибирский государственный аграрный университет, 2016. – С.90-93.
15. Ширококов В. И. Повышение износостойкости молотков зерновых дробилок / В. И. Ширококов, А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский – Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 1 (34). – С.69-71.
16. Пат. 5036802 RU C1, МПК6 В23К035/30. Припой для пайки инструмента / Глазачев С. У., Каллойда Ю. В., Коноводов В. В., Малышко А. А., заявитель Глазачев С. У. – №5036802 опубл. 12.03.1993.
17. Пат. 65402 RU U1, МПК В02С13/28. Молоток дробилки / В. В. Коноводов, О. Ю. Ретюнский, К.Н. Юдина, заявитель Коноводов В. В. – № 65402 опубл. 10.08.2007.
18. Виноградов В. Н. изнашивание при ударе / В. Н. Виноградов, Г. М. Сорокин, А. Ю. Албагачиев. – М.: Машиностроение, 1982. – 192 с.
19. ДСТУ 2293-99. Охорона праці терміни та визначення основних понять – К.: НДПБООП, 2014.
20. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010 – 245 с.
21. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, Вентиляція та Кондиціонування. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013 – 179 с.

22. СН 181-70. Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1972 – 79 с.
23. ДБН В.2.5-28-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – К.: Мінбуд України, 2006 – 87 с.
24. ДСТ 12.0.003-74. ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація. – К.: Держстандарт, 1999.
25. ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. – К.: МОЗ України, 2002 – 123 с.
26. ДБН В.1.1.7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003 – 47 с.
27. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні. – К.: Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій, 2004 – 49 с.
28. ВНАОП 6.1.36-5.01-95. Інструкція з техніки безпеки під час ручного електродугового зварювання (для робітників) -К.: «Укрмонтажспецбуд», 1995.
29. Экономическое обоснование внедрения мероприятий научно-технического прогресса в АПК // Ю.А. Конкин и др. – М.: 1991. – 79 с.