

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра загальнотехнічних дисциплін**

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»  
на тему: «Обґрунтування параметрів технологічного процесу відновлення  
деталей двигунів внутрішнього згоряння»

Виконав: здобувач вищої освіти за  
освітньо-професійною програмою  
Технології і засоби механізації  
сільськогосподарського виробництва  
спеціальності 208 Агроінженерія  
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 2  
Голінський Богдан Олександрович  
Керівник: Ковальчук С. Б.  
Рецензент: Лапенко Т. Г.

**Полтава – 2021 року**

## ВСТУП

**Актуальність теми.** На ремонтних підприємствах агропромислового комплексу ремонтується різноманітна техніка. Відомо, що основні агрегати машин витрачають ресурс через 3-4 роки при розрахунковому терміні служби 10 років. Більшість зношених деталей мають високу залишкову вартість. При їх відновленні витрачається в 20-30 разів металу і матеріалу менше, ніж при виготовленні нових. Вище 90% деталей, які вибраковуюють, мають знос 0,1...0,3 мм, тобто втратили менше 0,05...0,10% маси. Відновленню піддається 65...75% від кількості указаних деталей [1].

Переорієнтація економічної політики України на введення ринкових відносин в усіх галузях народного господарства вимагає заміни в їх структурі існуючої ремонтно-обслуговуючої бази, в організації, управлінні та технології виробництва.

Двигуни ЯМЗ – найбільш розповсюджені у сільськогосподарських зернозбиральних комбайнах. Ними укомплектовані зернозбиральні, кормозбиральні, кукурудзозбиральні комбайни, а також більше 60% тракторного парку [2].

Застосування прогресивних технологічних процесів, як під час виготовлення нових, так і при відновленні спрацьованих деталей забезпечує високу стійкість до спрацювання окремих агрегатів та машин.

До прогресивних, але недостатньо вивчених методів відновлення спрацьованих деталей належить метод вібраційного деформування.

У зв'язку з цим значну актуальність набуло питання дослідження процесу відновлення конкретних деталей методом вібраційного деформування. Тому тема даної роботи є актуальною.

Актуальність теми обумовлена необхідністю розробки і застосування ефективних в експлуатації методів підвищення довговічності роботи комбайнових двигунів шляхом зміцнюючи обробок поршневих пальців.

**Мета і завдання досліджень.** Мета роботи – підвищення довговічності деталей шляхом їх відновлення вібраційною деформацією.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд наступних завдань:

- досліджувати вплив вібраційної обробки на деформований стан відновлюваної деталі;
- вивчити вплив режимів обробки на характер зміцнення;
- дати оцінку технологічному процесу відновлення поршневих пальців вібраційним методом, що забезпечує надійність відновлених деталей і техніки, а також оцінити його техніко-економічну ефективність.

**Об'єкт дослідження.** Об'єктом дослідження є технологічний процес відновлення деталей методом роздачі.

**Предмет дослідження.** Обґрунтування технології відновлення деталей сільськогосподарської техніки вібраційною деформацією.

**Методика досліджень.** Методологічною основою проведених досліджень є вибір методу і режимів відновлення деталей для оцінки ступеня їх довговічності та надійності при експлуатації.

У роботі використані такі методи досліджень як статистична обробка інформації, дослідження структури і механічних властивостей відновлених деталей різними методами.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

- теоретично обґрунтовано технологічний процес відновлення поршневих пальців комбайнових двигунів;
- встановлені закономірності технологічних процесів від впливу параметрів обробки вібраційним методом на величину і ступінь зміцнення;
- обґрунтовані параметри вібраційного зміцнення матеріалу поршневих пальців.

## РОЗДІЛ 1

### СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 1.1. Види зносу деталей машин

В процесі тертя на ділянках контакту виникає висока температура та відбуваються зміни механічних властивостей металів.

І. В. Крагельський [2] розрізняє три етапи в процесі тертя та зносостійкості: взаємодія поверхонь; зміни, що протікають на дотичних поверхнях в процесі тертя в результаті деформацій; руйнування поверхні.

Залежно від умов тертя і матеріалів пар, що труться, відбувається зношування.

Класифікація видів зношування [3] представлена на рис. 1.1.

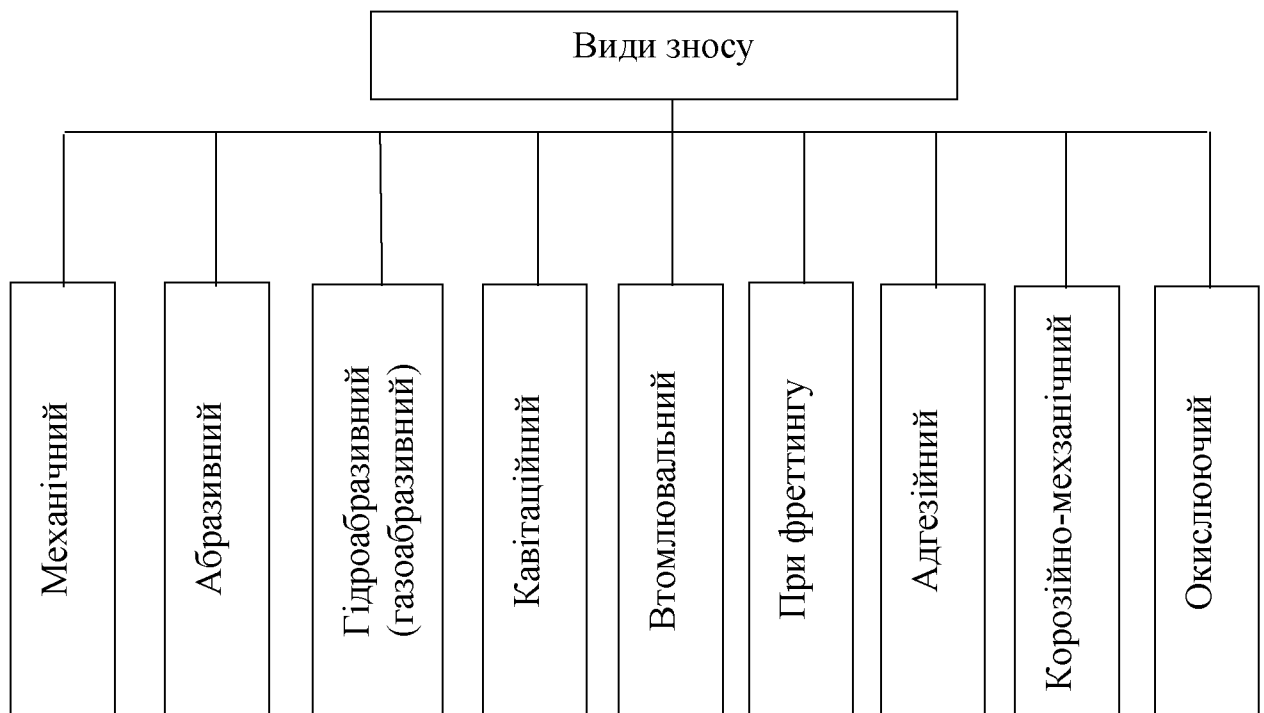


Рисунок 1.1 – Класифікація процесів зносу

Для управління процесом зношування та оцінки ступеня зносу спряжень необхідно знати закономірності його протікання для допустимих видів і умов, що призводять до виникнення ушкоджень.

Будова поверхневого шару на думку А. С. Пронікова [4] відіграє особливу роль при протіканні процесу зношування матеріалів деталей машин.

Більшість відмов деталей, складальних одиниць машин пов'язане з процесами, що протікають в поверхневих шарах [5, 6].

На зношування поверхонь деталей машин, що труться, найбільш істотно впливають тиск, фізико-механічні властивості матеріалів, що труться, і мікрорельєф їх поверхонь [7].

На величину зношування залежно від параметрів режиму тертя впливає тривалість контакту окремих ділянок [8].

Зношування поверхонь, що труться, в умовах тертя відбувається внаслідок пластичної деформації окремих нерівностей. При підвищенні тиску або температури метал поверхневого шару пластино деформується і зміцнюється.

Для збільшення довговічності спряження необхідно підбирати такі режими роботи, при яких в активному поверхневому шарі відбувалося б подальше зміцнення, яке не повинне досягати максимального значення, за межами якого метал починає руйнуватися. При зношуванні виникають місцеві контактні напруги, які приводять до руйнування поверхонь, що контактують [8]. Для вибору ефективної технології відновлення зношених деталей необхідно проведення досліджень впливу основних факторів, які впливають на протікання процесу зношування.

## **1.2. Способи відновлення деталей**

Методи підвищення довговічності деталей машин можна розділити на три основні групи: конструктивні, технологічні і експлуатаційні .

Конструктивні методи включають: правильний вибір конструктивного рішення і матеріалів; забезпечення рівномірності деталей; створення складальних одиниць та пристроїв, що саморегулюються та самовідновлюються.

До технологічних методів підвищення довговічності деталей машин відносяться заходи щодо поліпшення властивостей матеріалів, що застосовуються в даній конструкції. Властивості деталей починають формуватися в процесі відливання, обробки тиском і механічної обробки, при яких закладаються характеристики міцності і інші показники довговічності деталей машин.

Дробеструминна обробка застосовується для зміцнення валів, зубчатих коліс, ресор і інших деталей з використанням пневматичних та механічних дробеструминних пристроїв. Товщина зміцненого шару складає 0,4-1,0 мм.

У машинобудування досить широкого розповсюдження набуло використання обкатування робочих поверхонь деталей для їх зміцнення з метою підвищення зносостійкості.

При зміцненні обкатуванням суттєвим є призначення припуску на обробку і визначення зусилля зміцнення. Автор [10] пропонує припуск на зміцнення по наступній залежності.

Обкатка підвищує твердість поверхні, що обробляється до 60%, а глибина зміцнення складає від 0,3 до 5,0 мм.

За останній час в технології машинобудування великого розвитку набуває застосування вібрацій при зміцненні поверхні деталей. Вібродоформація є одним з прогресивних і перспективних способів скорочення тривалості припрацювання спряжених деталей та підвищення точності обробки.

Як відзначає академік А.П. Бабічев, ще мало відомо про вплив вібрації на якість матеріалу оброблюваних деталей [11]. Тому виникає необхідність проведення спеціальних досліджень для розробки оптимальних технологічних параметрів з використанням коливань.

Підвищення довговічності деталей машин при їх виготовленні може бути здійснене шляхом застосування різних способів хіміко-термічної обробки. Але вони відрізняються значною складністю, вимагають дорогого обладнання і застосовуються в основному при великій потребі в спеціалізованому промисловому виробництві.

Поверхнєве гартування відрізняється малою тривалістю нагрівання, завдяки чому тепло, що отримує деталь, не встигає поширитися на значну глибину. Тому гартуванню піддається тільки поверхневий шар деталі, а серцевина залишається негартованою і зберігає свої первинні властивості.

У сталевих деталях, підданих поверхневому гартуванню СВЧ виникають значні залишкові напруження, що викликають структурні зміни. Деякі автори [12] пропонують визначати глибину проникнення струму в метал за наступними залежностями:

$$\delta = \frac{30}{\sqrt{f}}, \text{ при температурі сталі } 150 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (1.1)$$

де  $\delta$  – глибина загартованого шару;  $f$  – частота струму.

Недоліком даного способу зміцнення деталей є складність вибору частоти струму, яка має вирішальне значення для нагрівання при гартуванні СВЧ.

Наплавленням відновлюють деталі з великими зносами. Застосування електродугового наплавлення доцільне при наплавленні важкодоступних місць деталей. Товщина відновленого шару досягає 2,0 мм. Спосіб наплавлення під шаром флюсу широко застосовується в промисловості. Але наплавлення циліндричних деталей діаметром менше 50 мм ускладнене, оскільки розплавлений сплав через значне розігрівання не встигає затвердіти і стікає з деталі.

Зносостійкість і корозійна стійкість можуть бути істотно підвищені при нанесенні на робочі поверхні деталей металевих і неметалевих матеріалів з високими експлуатаційними властивостями.

Але технологія нанесення цих покриттів є достатньо складним технологічним процесом, оскільки вимагає спеціальної підготовки поверхні.

Перераховані вище способи відновлення і зміцнення поверхні деталей застосовуються, як правило, в спеціалізованих ремонтно-транспортних підприємствах і у промисловому виробництві. При відновленні зношених автотракторних деталей в майстернях господарств вони не знайшли ще широкого застосування, що пояснюється наступними причинами:

- досить широкий діапазон зносу вказаних деталей;
- різні фізико-механічні властивості матеріалів, що застосовуються;
- різні умови експлуатації та ін.

### **1.3. Метод вібраційного відновлення**

Метод обробки металів на основі використання механічних коливань – вібрацій пов'язаний з поняттями збурюючої сили, яка періодично може змінюватися по напрямку і величині.

Застосування вібраційних коливань дозволило удосконалити старі і створити нові технологічні процеси по обробці поверхонь деталей. Впровадження вібраційних методів обробки підвищує рівень механізації і автоматизації багатьох трудомістких процесів, сприяє удосконаленню і нових технологій, збільшує економічну ефективність і продуктивність праці.

Вібраційна обробка в технології машинобудування є новим прогресивним напрямком, можливості якого та область застосування ще недостатньо вивчені.

В даний час фахівцями різних галузей господарства проводяться дослідження в цій області; проводяться роботи по освоєнню віброобробки на різних операціях як в машинобудуванні, так і ремонтному виробництві.

При вібраційному шліфуванні циліндрів двигунів продуктивність праці збільшується в два рази і підвищується якість обробки [13].

Основою вібраційного зміцнення є динамічний характер протікання процесу, що супроводжується безліччю мікроударів робочого інструменту або частинок робочого середовища по поверхні оброблюваних деталей і, що забезпечує пластичну деформацію поверхневого шару. При цьому відбувається підвищення мікротвердості і зменшення шорсткості.

Віброзміцнення є універсальним методом зміцнюючої обробки. Найбільш наочні його переваги, як відзначає А.П. Бабічев, при обробці деталей складної форми, а також при зміцненні великої партії деталей малих розмірів в умовах промислового виробництва [14].

Зносостійкість оброблених вібраційною деформацією поверхонь деталей значною мірою визначається глибиною зміцненого шару. У літературі немає конкретних рекомендацій по визначенню її величини. І.В. Кудрявцев [15] пропонує визначати значення глибин зміцнення (наклепу) по наступній залежності:

$$a_H = k_i a \left( 1,54 - \frac{HB}{1000} \right), \quad (1.2)$$

де  $k_i$  – поправочний коефіцієнт;  $a = 1,5a$  – діаметр пластичного відбитку; HB – твердість оброблюваного матеріалу.

Процес зміцнення оброблюваної поверхні вібраційним методом недостатньо вивчений. Т.М. Голубев відзначає: «Потрібно вказати, що процес обробки металів тиском при вібраційному застосуванні навантаження недостатньо вивчений» [13].

У літературі наводяться інколи суперечливі дані про вплив вібраційної обробки на структуру поверхневого шару оброблюваних деталей.

Як вважають автори [16], питання вібраційної деформації деталей типу втулок ще не отримало достатнього висвітлення.

Не дивлячись на те, що практика висуває все нові і нові завдання використання вібрації при відновленні зношених деталей, вивчення цього технологічного процесу ведеться ще недостатньо широко [17].

Тому проведення подальших досліджень по вібраційній деформації деталей з метою застосування отриманих даних при розробці технологічного процесу відновлення зношених деталей сільськогосподарської техніки представляє як теоретичний, так і практичний інтерес.

### **Висновки, мета та завдання досліджень**

Вивчення літературних джерел і аналіз дозволяють зробити наступні висновки:

1. Широке використання методу вібраційної деформації при відновленні деталей сільськогосподарської техніки обмежене внаслідок недостатнього його вивчення.
2. Для отримання глибших уявлень про механізм вібраційної деформації, зміцнення оброблюваної поверхні при відновленні деталей типу втулок необхідне проведення експериментальних досліджень

Виходячи з аналізу літературних джерел та вивчення практики відновлення окремих автотракторних деталей в роботі поставлена мета: обґрунтувати і визначити режими технологічного процесу вібраційної обробки, що використовуються при відновленні деталей двигунів.

Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення наступних задач:

- дослідити величину деформації при звичайній і вібраційній обробці;
- вивчити вплив параметрів обробки і робочого інструменту при звичайній і вібраційній деформації;

- дослідити вплив виду деформації на зміни структури оброблюваних зразків;
- провести випробування на зносостійкість відновленої поверхні;
- використати отримані дані в розробці технології відновлення поршневих пальців вібраційним методом.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Обладнання та інструменти для досліджень

Для визначення технологічного процесу відновлення зношених деталей необхідно вибирати параметри обробки, які залежать перш за все, від величини зносу деталей, що з'єднуються.

Вимірювання поршневих пальців по зовнішній поверхні, що зношується, проводили в чотирьох площинах, розташованих під кутом  $45^\circ$  один до одного, і п'яти перетинах відповідно до ГОСТ 18509-88 індикаторною скобою з точністю відліку 0,001 мм.

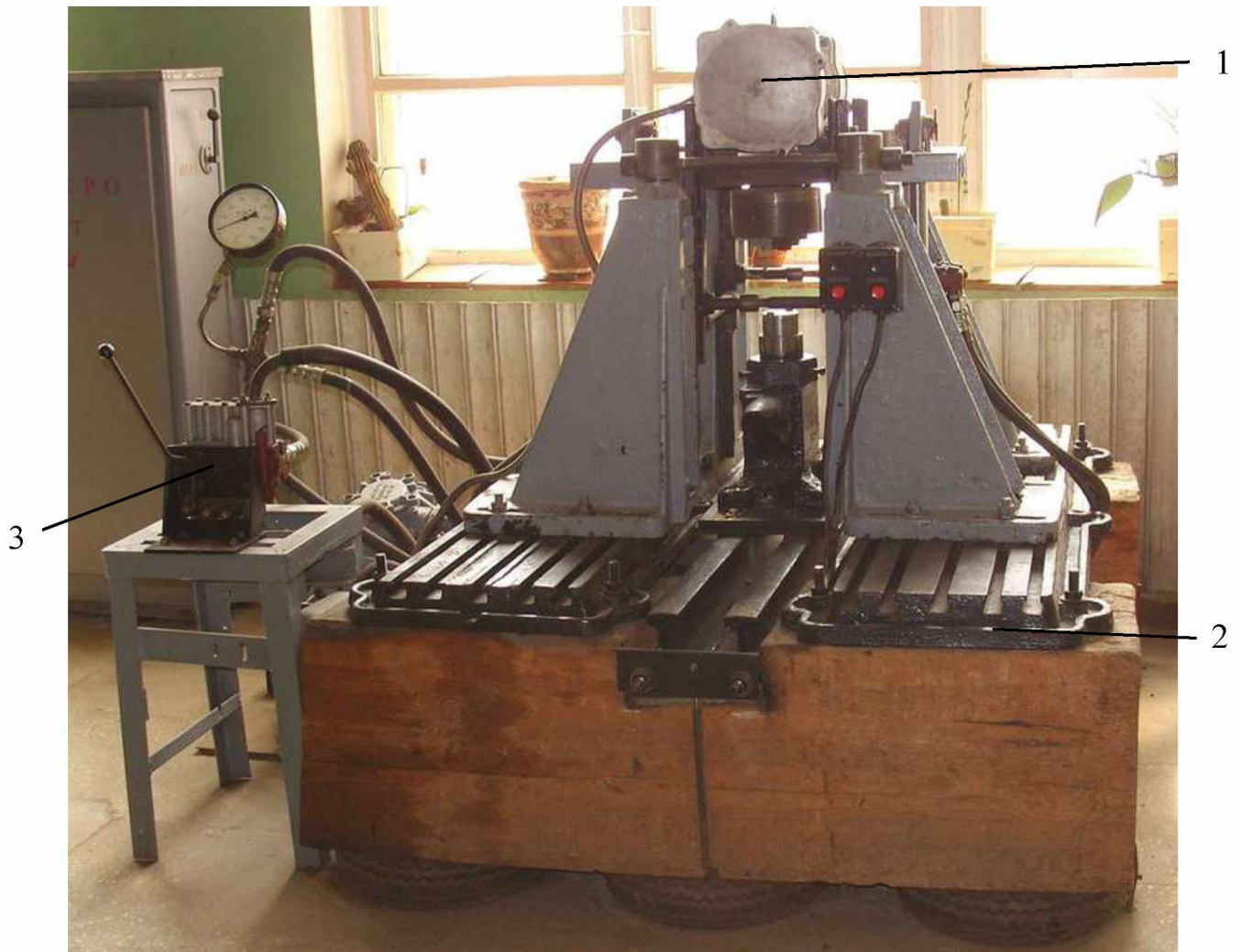
Експериментальні дослідження деформації зразків-втулок та відновлення зношених деталей методом вібраційного навантаження проводили на установці, загальний вигляд якої представлений на рис. 2.1.

На досліджувані зразки наносили мітки для проведення вимірів в одних і тих же перетинах і площинах.

Задачі, поставлені в роботі, попереднього експериментального дослідження в лабораторних умовах на зразках, а потім отримані дані перераховували на конкретні деталі з метою визначення зусилля обробки, впливу умов деформації на зміни структури та властивостей металу, що забезпечує його зміцнення. Останнє особливо важливе при розробці технологічних процесів відновлення деталей.

Для того, щоб отримати в лабораторних умовах дані, можна було б використовувати на конкретних деталях, необхідно, щоб зразки та деталі, що підлягають деформації, були геометрично і фізично однаковими [18].

Для отримання геометричної подібності в процесі деформації необхідно, щоб ступені деформації та деталі були рівними, тобто  $\varepsilon_m = \varepsilon_d$ .



1 – вібробуджувач; 2 – основа і допоміжне устаткування; 3 – гідравлічна система

Рисунок 2.1 – Загальний вигляд установки для вібраційного відновлення

Інструмент для деформації моделі (зразка) та деталі був геометрично подібним. Швидкості деформації моделі  $v_m$  і деталі  $v_d$  повинні бути однаковими.

Вимоги однакових фізичних властивостей моделі та деталі необхідно дотримуватися при проведенні досліджень, включаючи вплив деформації на властивості.

## 2.2. Дослідження структури матеріалу деталей

Коливання робочого інструменту – пуансона сприяють змінам фізико-механічних властивостей металу, що обробляється. Нами проводилася оцінка твердості та мікротвердості при звичайній і вібраційній деформації.

Визначення твердості проводили на приладі ТК-2М по Роквелу при попередньому навантаженні алмазного конуса 100Н, а при основному – 1000Н.

Мікротвердість зразків визначали за допомогою приладу ПМТ-3 при навантаженні 1,0Н [19].

Зміцнення оброблюваної поверхні безпосередньо пов'язане із зміною структури металу при його деформації.

Дослідження мікроструктури проводили на шліфах (рис. 2.2), виготовлених із зразків, оброблених звичайною і вібраційною деформацією з використанням мікроскопу МИМ-8М.

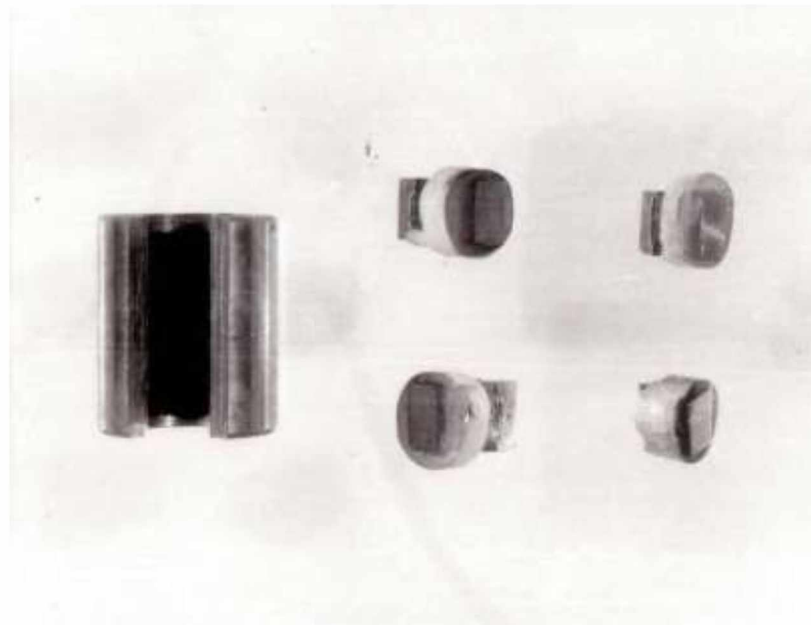


Рисунок 2.2 – Мікрошліфи

Шліфи виготовлялися за наступною методикою [19]:

- груба шліфовка підготовлених зразків на абразивному крузі;
- тонка шліфовка на алмазному крузі АСО;
- поліровка на сукні протягом 15-20 хв.

Для дослідження виявленої структури при збільшенні в 100...200 разів використовували мікроскоп МИМ-8М.

### 2.3. Проведення випробування на зношення

Дослідження зносостійкості деталей полягало у визначенні зносу їх поверхні, відновленні звичайною і вібраційною деформацією на машині тертя МИ-1М згідно ГОСТу 23.224-86.

Величину зносу поверхонь, що спрягаються, визначали за допомогою аналітичних вагів ВЛА-200М з точністю до 0,001 г. вимірювання діаметру поршневих пальців проводили індикаторною скобою СИ-К з точністю відліку 0,001 мм.

Режими випробувань вибирали з умов роботи пари спряження: частота обертання ролика складала  $500 \text{ хв}^{-1}$ , навантаження 500Н.

Кількість обертів ролика – шлях тертя реєстрували за допомогою лічильника, що встановлений на машині тертя МИ-1М.

Схема зношування спряження зразків («ролик-колодочка») приведена на рис. 2.3.

Оцінка зносу полягала у визначення втрати маси зразків в процесі випробування за допомогою аналітичних вагів ВЛА-200М з точністю 0,1 мг.

Величину зносу  $W$  визначали зважуванням за наступною формулою [19]:

$$W = \frac{\Delta G}{\gamma A}, \quad (2.1)$$

де  $\Delta G$  – зміна маси зразка при випробуванні;  $\gamma$  – щільність матеріалу;  $A$  – контурна площа контакту зразків.

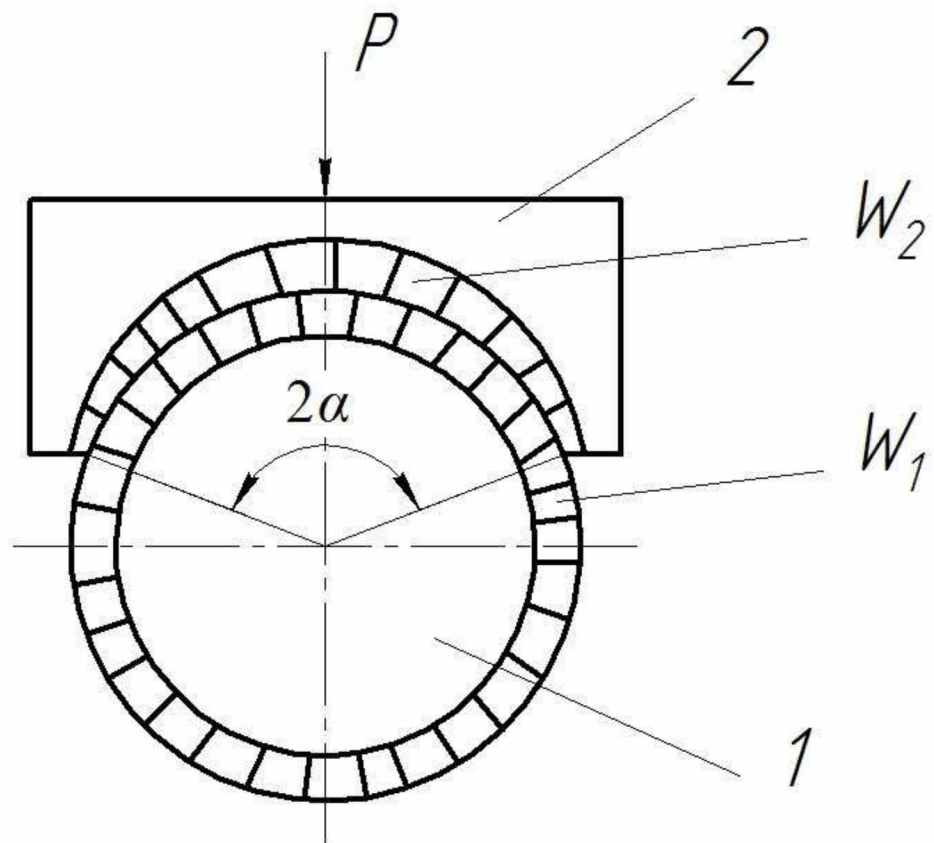


Рисунок 2.3 – Схема спряження «ролик (1) – колодочка (2)»

Зносостійкість оцінювали по середній для випробувань зразків інтенсивності зношування:

$$I = \frac{W}{L}, \quad (2.2)$$

де  $W$  – лінійний знос зразка;  $L$  – шлях тертя зразка, відповідний зносу  $W$ , дорівнює:

$$L = Nl, \quad (2.3)$$

де  $N$  – число циклів за кожен з яких поверхні тертя зразків проходять шлях  $l$ .

## **Висновки**

1. Методологічною основою досліджень є теоретичне моделювання процесу.
2. Використані методи досліджень: статистична обробка інформації.
3. Об'єктом досліджень є технологічний процес відновлення деталей методом роздачі.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Види деформацій

При обробці металів тиском відбуваються деформації, коли в процесі деформування змінюються розміри оброблюваних зразків (деталей).

При роздачі пустотілого зразка деформований стан характеризується трьома головними деформаціями: двома рівними між собою деформаціями розтягу в радіальному напрямку та деформацією стиснення в напрямку сили.

Інтенсивність деформації виражається залежністю [21]:

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2}, \quad (3.1)$$

де  $\varepsilon_1$  і  $\varepsilon_2$  – деформації в радіальному напрямку (по осях X та Y);  $\varepsilon_3$  – деформація в продольному напрямку (по осі Z).

Оскільки при обробці пустотілого циліндричного зразка  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ , то рівняння (3.1) набуває вигляду:

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{2(\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2}. \quad (3.2)$$

Сумарна відносна деформація по довжині зразка з початковою довжиною  $l_0$  та кінцевою  $l_1$  складе:

$$\delta_l = \int_{l_0}^{l_1} \frac{dl}{l} = \ln \frac{l_1}{l_0}. \quad (3.3)$$

Аналогічно можна записати сумарну відносну деформацію по зовнішньому  $D$  та внутрішньому  $d$  діаметрах:

$$\delta_D = \int_{D_0}^{D_1} \frac{dD}{D} = \ln \frac{D_1}{D_0}, \quad (3.4)$$

$$\delta_d = \int_{d_0}^{d_1} \frac{dd}{d} = \ln \frac{d_1}{d_0}. \quad (3.5)$$

Що стосується роздачі пустотілого зразка, величина  $\delta_l$  негативна, а  $\delta_D$  та  $\delta_d$  – позитивні, тобто деформації зі зменшенням розміру негативні, а зі збільшенням – позитивні.

### 3.2. Вплив обробки на зусилля деформування

При розробці технологічного процесу обробки тиском необхідно знати зусилля, яке потрібно прикласти до деформованого тіла для подолання опору металу деформації та тертя на контактній поверхні зразка з інструментом.

На величину зусилля обробки значний вплив чинить нерівномірність деформації та розміри зразка.

Питоме зусилля обробки може бути визначене у функції опору деформації  $\sigma_m$ , коефіцієнта тертя  $f$  та відношення розмірів зразка  $\frac{D_0 - d_0}{l_0}$ :

$$p = \gamma \left( \sigma_m, f, \frac{D_0 - d_0}{l_0} \right). \quad (3.6)$$

Повне зусилля роздачі дорівнює добутку питомого зусилля  $p$  на контактну площу  $F_k$ :

$$P = p \cdot F_k. \quad (3.7)$$

В літературі присутні деякі рекомендації теоретичного розрахунку зусилля деформування [21, 22]:

$$P = F_n \sigma_m \left( 1 - 0,5 \frac{2fl}{\delta_{em}} \right), \quad (3.8)$$

де  $F_n$  – площа поперечного перерізу втулки;  $f$  – коефіцієнт тертя;  $\delta_{em}$  – товщина стінки втулки;  $l$  – довжина втулки;  $\sigma_m$  – опір деформації.

Оскільки визначення зусилля обробки по наведеним залежностям викликає значну складність, то виникає необхідність проведення експериментальних досліджень для виявлення математичних залежностей по визначенню зусилля деформування.

В літературі відсутні математичні вирази для визначення зусилля обробки пустотілих зразків при їх вібраційному деформуванні.

### 3.3. Вплив швидкості обробки на процес деформування

При обробці тиском на характер протікання технологічного процесу чинить вплив швидкість руху інструменту, тобто швидкість деформування, яка виражається як:

$$V_l = \frac{dl}{dt} \cdot F. \quad (3.9)$$

Швидкість деформування знаходиться в залежності від швидкості деформування  $\omega$  та довжини  $l$  зразка:

$$\omega = \frac{V_l}{l}. \quad (3.10)$$

Підвищення швидкості деформування викликає підвищення швидкості та опору деформації. Залежність опору деформації від швидкості деформації можна виразити рівнянням:

$$\delta_\omega = \delta_0 + \eta\omega, \quad (3.11)$$

де  $\delta_\omega$  – опір деформації при швидкості деформації  $\omega$ ;  $\delta_0$  – те саме, при статичному випробування,  $\eta$  – коефіцієнт в'язкості.

Деякі автори [23, 24] пропонують визначати величину  $\delta_\omega$  за наступними формулами:

$$\delta_\omega = \delta_0 + m\omega^n, \quad (3.12)$$

$$\delta_\omega = \delta_0 + m \ln \frac{\omega}{\omega_0}, \quad (3.13)$$

де  $m$  та  $n$  – коефіцієнти, що залежать від матеріалу.

В усіх наведених формулах існують коефіцієнти різних значень для різних матеріалів. Це ускладнює використання указаних формул для практичних розрахунків.

Вплив швидкості деформування та ступеня деформації на пластичність при різних методах обробки вивчені ще недостатньо, що вимагає проведення додаткових досліджень.

### **3.4. Вплив мастила на процес деформування**

При обробці тиском досить широко застосовуються мащення, основне призначення якого – зниження коефіцієнту тертя.

Мастило утворює проміжний шар між поверхнею деформованого тіла та поверхнею оброблюваного інструменту, повністю або частково ізолюють їх один від одного.

Щоб мастило в достатній мірі ізолювало деформоване тіло від інструменту, не розривалось та не видавлювалось, воно повинне володіти достатньою активністю та в'язкістю.

Активність мастила визначається здатністю утворювати на поверхні тертя міцний захисний шар з його молекул та залежить від наявності в ньому поверхнево активних речовин [25, 26].

В'язкість мастила забезпечує його опір витисненню з місця контакту третьової пари. Мастило з високою активністю та в'язкістю при певних умовах (наприклад, висока швидкість ковзання) може створити умови для рідинного та напіврідинного тертя.

При рідинному терті сила необхідна для подолання внутрішнього тертя шару мастила. Сила тертя  $T$  та напруження  $\tau$  можуть бути визначені:

$$T = \eta \frac{V}{h} F, \quad (3.14)$$

де  $\eta$  – в'язкість затисла;  $V$  – швидкість ковзання;  $h$  – товщина шару мастила.

З указаних формул видно, що сила та напруження тертя в умовах рідинного тертя не залежать від нормального тиску, а залежить від площі контакту. Сила тертя тим більша чим вища в'язкість мастила. В'язкість мастила вибирають в залежності від умов роботи. Чим більший питомий тиск на контактні поверхні, тим більшою в'язкістю повинне володіти мастило. При холодній обробці тиском з великими ступенями деформації та високими швидкостями, що супроводжується значним виходом тепла, мастило окрім основного призначення – зниження сили та коефіцієнту тертя, повинно виконувати функцію охолодження.

При вібраційному деформуванні активність мастила підвищується. При відриванні інструменту від оброблюваної поверхні відбувається покриття мастилом оголених місць. Це сприяє зниженню коефіцієнту тертя, більш рівномірному протіканню деформації, зниженню налипання металу на поверхню інструменту [27].

Порівняльні дослідження звичайного та вібраційного деформування зразків дозволяє отримати більш конкретні дані про вплив мастила при обробці зразків типу втулок.

## **Висновки**

1. Досліджено характер протікання деформації при обробці пустотілих зразків..
2. Виконано теоретично роз'яснення впливу режиму обробки на зусилля деформування.
3. Показано вплив швидкості обробки пустотілих циліндричних зразків на процес їх деформування.
4. Розглянуто механізм впливу мастила на технологічний процес деформації.

## РОЗДІЛ 4

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

#### 4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведено дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю.

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газо- димових викидів в атмосферне повітря і скидів

стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газо- димових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення [37].

Проведений аналіз дозволяє розробити рекомендації по забезпеченню екологічної стійкості підприємства, а також план ліквідації аварійних ситуацій і витоків нафтопродуктів, в який включають об'єкти і території, що підлягають особливому захисту від забруднень (водозабори, житлові масиви, зони відпочинку).

Повинна бути встановлена (обґрунтована) категорія екологічної небезпеки об'єкту. Для цього встановлюють структуру викидів і скидань забруднюючих речовин при експлуатації технологічного устаткування. На підставі екологічного аналізу джерел викидів роблять розрахунок «пріоритетного» викиду шкідливих речовин.

Залежно від категорії небезпеки вводиться періодичність звітності в системі держобліку викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Найбільша ефективність в захисті повітряного середовища від забруднюючих викидів досягається при поєднанні заходів щодо

вдосконалення технологічних процесів, газоочистки, забезпечення загальних санітарно-гігієнічних вимог і правильних об'ємно-планувальних рішень.

Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають встановлення чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням навколишнього середовища.

До екологічних злочинів відносять: забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту); порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричиняють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдати істотної шкоди здоров'ю людини.

Шкідливий вплив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що може бути небезпечним для здоров'я людей, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи та будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва, експлуатації і ліквідації побудованих споруд тощо.

За скоєні екологічні злочини порушники несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання:

порушення; порушення, що завдали значних збитків; порушення, що спричинили смерть людей (тяжкі наслідки).

Залежно від величини заподіяних збитків це можуть бути штрафи, заборона обіймати певні посади на встановлений термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

Система екологічного менеджменту в країні визначається і регламентується Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища». Згідно з цим законом, метою державного управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища. Отже, державний екологічний менеджмент включає чотири основні функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення проведення природоохоронних заходів;
- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій екологічного менеджменту: реструктуризація виробництва, приватизація, створення конкурентного середовища і ринкового ціноутворення.

На рівні підприємства до загальних функцій управління належить:

- формування екологічної політики;
- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення та реалізація програми екологічного управління;
- формування екологічної свідомості та мотивування;
- ведення документації екологічного менеджменту;
- оперативне управління, аналіз та вдосконалення.

Виконання системоутворювальних функцій екологічної політики, визначення екологічних цілей і завдань, розроблення та реалізація

екологічної програми здійснюється за допомогою екологічної експертизи. Екологічна експертиза – це науково-практична діяльність спеціально уповноважених державних органів, еколога-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, дія яких впливає або може негативно впливати на стан довкілля та здоров'я людей.

Основними завданнями екологічної експертизи є визначення ступеня екологічного ризику й безпеки суб'єкта господарської діяльності; встановлення відповідності вимогам екологічного законодавства; оцінка впливу різних об'єктів на довкілля, здоров'я людей та можливих негативних екологічних наслідків.

Основними принципами екологічної експертизи є:

- гарантування безпечного життя довкілля;
- наукова обґрунтованість життя довкілля;
- державне регулювання та законність.

Державну екологічну експертизу об'єктів загальнодержавного і міжобласного значення проводить управління екологічної системи Мінекоресурсів України, об'єктів місцевого значення – відділи екологічної експертизи обласних управлінь екологічної безпеки.

Законом «Про екологічну експертизу», прийнятим Верховною Радою України у 1995 р., передбачено державне регулювання і управління в галузі екологічної експертизи, статус експерта, обов'язки замовників експертизи, порядок проведення експертизи, її фінансування, відповідальність за порушення та міжнародне співробітництво.

Висновки громадської експертизи направляють в органи, що здійснюють державну екологічну експертизу, центральні й місцеві влади, замовникам проекту.

## 4.2. Охорона праці

Охорона праці включає техніку безпеки, що запобігає травматизму, і виробничій санітарії, перешкоджає виникненню захворювань із-за дії шкідливих чинників. Впровадження раціонального комплексу заходів, направлених на поліпшення умов праці, може забезпечити приріст її продуктивності на 15...20%. Структура комплексу заходів наступна.

1. Аналіз стану охорони праці або безпеки технологічного процесу на підприємстві.

2. Розробка організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних заходів щодо поліпшення стану охорони праці.

3. Розробка вимог (інструкцій) з охорони праці при роботі на технологічному (модернізованому) обладнанні або при використанні запропонованого пристосування.

4. Аналіз і оцінка пожежної безпеки підприємства, організація пожежної профілактики (визначення категорії виробництва по пожежній небезпеці, ступені вогнестійкості будівельних конструкцій, обґрунтування первинних засобів і витрати води для гасіння пожежі).

Аналіз стану охорони праці. Його проводять так, щоб можна було визначити передумови для розробки заходів щодо зниження травматизму і поліпшення умов праці [37].

- При аналізі стану охорони праці при організації і технології ремонтно-обслуговуючих робіт враховують наступне:

- дотримання законодавства про режим праці і відпочинку працюючих;

- відповідність організації забезпечення охорони праці вимогам нормативних документів;

- планування заходів щодо охорони праці, виділення і використання грошових і матеріальних коштів на їх виконання;
- відповідність будівлі ремонтно-обслуговуючого підприємства (приміщення виробничої ділянки) вимогам санітарних і будівельних норм і правил;
- можливість появи шкідливих і небезпечних виробничих чинників, основні причини виробничих травм;
- дотримання вимог безпеки при використанні обладнання, вантажопідійомних машин і судин, що працюють під тиском;
- динаміку травматизму і захворюваності;
- санітарно-побутові умови працівників;
- пожежну безпеку (характеристика технологічних процесів по пожежній небезпеці, наявність і готовність первинних і технічних засобів пожежогасіння, дотримання вимог пожежної безпеки, наявність і стан грозозахисних пристроїв і т. п.).

Розробка заходів щодо поліпшення стану охорони праці. Заходи щодо поліпшення стану охорони праці або безпеки технологічних процесів розробляють на основі аналізу. Вони повинні бути конкретними.

Заходами передбачають:

- поліпшення діяльності адміністрації (наймача) з дотримання трудового законодавства і виконання вимог нормативної документації з охорони праці;
- вдосконалення системи навчання працівників охорони праці відповідно до нормативних документів;
- поліпшення контролю і нагляду за дотриманням вимог охорони праці;

- застосування засобів наочної агітації з безпеки праці, поліпшення планування з охорони праці;
- заміну небезпечних технологічних процесів безпечними;
- розробку пристроїв, що забезпечують безпечну експлуатацію технологічного обладнання і систем, забезпечення електробезпеки;
- створення нормального повітряного середовища за рахунок вентиляції і опалювання;
- забезпечення гігієнічних вимог до природного і штучного освітлення;
- зниження рівнів шуму і вібрацій на робочих місцях;
- забезпечення пожежної безпеки;
- створення необхідних санітарно-побутових умов для працівників підприємства.

Для розробки вимог безпеки (інструкції) з охорони праці при експлуатації існуючого, проектного або модернізованого устаткування (приспосовування) необхідно спочатку охарактеризувати можливі небезпечні і шкідливі виробничі чинники, які можуть виникнути під час роботи, небезпечні зони, а потім описати методи їх ліквідації. Необхідно також обґрунтувати вимоги до персоналу, який експлуатуватиме обладнання.

Для забезпечення безпечної експлуатації і обслуговування проектного устаткування передбачають захисні засоби, блокуючі і гальмівні пристрої, засоби сигналізації, захист від враження електричним струмом і ін. Робоче місце оператора організують з урахуванням вимог ергономіки.

Крім того, при необхідності обґрунтовують санітарно-гігієнічні умови праці на проектованому обладнанні, передбачають заходи і засоби пожежної безпеки, розробляють інструкцію з техніки безпеки.

Визначення кількості шкідливих виділень у виробничих приміщеннях. Деякі технологічні процеси, що виконуються на ремонтно-обслуговуючих підприємствах, характеризуються виділенням різних забруднень. Тому при проектуванні підприємств в приміщеннях передбачають природну, механічну або змішану вентиляцію. Вентиляційні системи повинні забезпечувати відносну вологість повітря, концентрацію в нім газів, шкідливих виділень в межах, що не перевищують допустимі норми. Якщо виділення забруднень відбувається на окремому технологічному обладнанні (на столі для зварювальних робіт, в наплавлювальній установці, гальванічній ванні і т.д.), влаштовують місцеву вентиляцію у вигляді парасольок, відкосів і т.п. При розсіяному виділенні забруднень в приміщенні передбачають загальнообмінну вентиляцію.

Розрахунок вентиляційних систем проводять виходячи з інтенсивності забруднення повітря. Кількість виділень, що забруднюють повітря в приміщенні, визначають по кожному джерелу. У виробничих приміщеннях до основних забруднень відносяться: відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згорання; гази і аерозолі, що утворюються в процесі зварки, наплавлення, паяння; випаровування миючих розчинів, розчинників емалей і лаків, охолоджуючих рідин, електроліту та ін.

Кількість повітря, необхідну для розбавлення газових і аерозольних забруднень, тобто продуктивність вентиляційної установки, визначають за формулою:

$$W_e = 10^6 Q_c / (C_{p.z} - C_n) \quad (4.1)$$

де  $W_e$  – продуктивність вентиляційної установки, м<sup>3</sup>/год;  $Q_c$  – сумарна кількість забруднень, що виділяються, кг/год;  $C_{p.z}$  гранично допустима концентрація даного забруднення в робочій зоні, мг/м<sup>3</sup>;  $C_n$  – концентрація даної забруднення у повітрі, що поступає, мг/м<sup>3</sup>.

У випадках, коли зовнішнє повітря, що поступає в приміщення, не містить шкідливих домішок, величину  $C_n$  приймають рівною нулю.

У приміщеннях ділянок діагностики і технічного обслуговування, ремонтно-монтажної кількості шкідливих виділень від працюючого дизельного двигуна визначають за формулою:

$$Q_d = (160 + 13,5V_u) \frac{P}{100} \cdot \frac{T}{60}, \quad (4.2)$$

де  $Q_d$  – кількість шкідливих виділень від працюючого дизеля, кг/год;  
 $V_u$  – робочий об'єм циліндрів двигуна, л;  $P$  – вміст забруднень у відпрацьованих газах %;  $T$  – час роботи двигуна, хв.

При роботі карбюраторного двигуна

$$Q_k = 15(0,6 + 0,8V_u) \frac{P}{100} \cdot \frac{T}{60}. \quad (4.3)$$

Кількість аерозолів свинцю при роботі карбюраторного двигуна на етильованому бензині буде рівна:

$$Q_c = \frac{0,05C(0,6 + 0,8V_u)}{100} \cdot \frac{T}{60}, \quad (4.4)$$

де  $C$  – вміст тетраетилсвинця в бензині, г/кг ( $C = 0,05 \dots 0,10\%$ ).

Час роботи двигунів в приміщеннях приймають: при розігріванні – 2 хв; при установці на пост (лінію) технічного обслуговування – 1,0...1,5 хв; при рейсуванні і виїзді (в'їзді) – 0,2...0,5 хв; на кожних 10 м шляху при переміщенні з поста на пост своїм ходом – 1,0...1,5 хв; при регулюванні двигуна – 10...15 хв.

Вміст забруднень у відпрацьованих газах ( $P$ ) наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 – Вміст забруднень відпрацьованих газах, % до маси

Умови роботи двигуна	Дизельні двигуни			Карбюраторні двигуни	
	Оксид вуглецю	Оксид азоту	Альдегіди	Оксид вуглецю	Аерозол і свинцю
Розігрів у приміщенні	0,071	0,007	0,510	6,0	0,0025
Рейсування в приміщенні	0,054	0,009	0,037	4,0	0,0018
В'їзд до приміщення і місця розташування	0,035	0,005	0,022	2,0	0,0010

На ділянці зварки роботи супроводжуються виділенням зварювальних аерозолів і шкідливих газоподібних речовин (фтористого водню, оксидів азоту, оксиду вуглецю і ін.). При визначенні кількості забруднень, що виділяються, під час зварки (різки) враховують питомі показники їх викидів.

Кількість шкідливих виділень при зварці визначають за формулою

$$Q_a = 10^{-3} G_e q_a \quad (4.5)$$

де  $Q_a$  – кількість зварювального аерозолу, кг/год;  $G_e$  – максимальна витрата електродів, кг/год;  $q_a$  – питома виділення аерозолу, г/кг.

Аналогічно визначають кількість шкідливих газів, що виділяються при зварці.

Викид сірчаної кислоти підраховують за формулою

$$Q_k = q_k (C_1 a_1 + C_2 a_2 + \dots + C_n a_n) \quad (4.6)$$

де  $Q_k$  – кількість сірчаної кислоти, що виділяється, мг;  $q_k$  – питома виділення сірчаної кислоти, мг/кг;  $C_{1..n}$  – номінальні ємкості батарей, що одночасно заряджають, А·год;  $a_{1..n}$  – кількість батарей відповідної ємкості.

На мідницькій ділянці при ремонті радіаторів, баків використовують м'які припої, що містять, свинець і олово. Розрахунок викидів шкідливих речовин проводять окремо по свинцю і олову.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин на ділянках вулканізації, перевірки і регулювання паливної апаратури проводиться також по питомих виділеннях забруднень (таблиця 4.3).

При митті деталей і агрегатів застосовують синтетичні миючі засоби (СМЗ) на основі кальцинованої соди (лабомид-101, лабомид-102, МС-6 та ін.), розчин каустичної соди, гас і т. д. Викид забруднюючої речовини при митті визначають за формулою:

$$Q_z = 3600q_z F \quad (4.7)$$

де  $Q_z$  – кількість забруднень, що виділяються, г/год;  $q_z$  – питомі виділення (викид) забруднюючих речовин при митті, г/(с·м<sup>2</sup>)  $F$  – площа дзеркала ванни, м<sup>2</sup>.

При проектуванні ділянки фарбування ремонтіваних об'єктів розрахунок виділення забруднюючих речовин слід вести роздільно для пігменту фарби і для розчинника. Кількість твердих забруднюючих частинок, що виділяються, розраховують за формулою:

$$Q_m = m_k f_c \sigma_n \cdot 10^{-4} \quad (4.8)$$

де  $Q_m$  - кількість твердих частинок, що утворюються, кг/год;  $m_k$  – кількість використаної емалі (фарби), кг/год;  $f_c$  – кількість фарби (сухий залишок), що не випаровується %;  $\sigma_n$  – втрати фарби у вигляді аерозолу залежно від способу фарбування, %.

Таблиця 4.2 – Склад емалей і ґрунтовок %

Розчинник	Емаль						Ґрунтовка		
	МЛ-152	МЛ-197	НЦ-11	ПФ-115	МС-17	НЦ-25	МЛ-029	ГФ-017	ФЛ-03К
Ацетон	-	-	-	-	-	4,62	-	-	-
Бутілацетат	-	-	13,75	-	-	6,60	-	-	-
Бутиловий спирт	12,9	21,89	5,50	-	-	9,9	26,0	-	-
Ксилол	24,6	38,67	-	22,5	60,0	-	32,8	50,0	15,0
Уайт спірит	8,06	0,04	-	22,5	-	-	-	-	-
Толуол	-	-	13,75	-	-	29,7	2,2	-	15,0

Таблиця 4.3 – Виділення забруднюючих речовин при фарбуванні і сушці %

Спосіб нанесення фарби (емалі)	Виділення шкідливих компонентів		
	Втрата фарби у вигляді аерозолю	Виділення розчинника	
		при забарвленні	при сушці
Розпилювання:			
пневматичне	30	25	75
безповітряне	2,5	23	77
пневмоелектростатичне	3,5	20	80
електростатичне	0,3	50	50
Вручну пензлем або валиком	-	50	50

Викид пари розчинників, якщо фарбування і сушка проводяться в одному приміщенні, розраховують за формулою

$$Q_{p_i} = m_{\kappa} f_u f_{\lambda_i} \cdot 10^{-4} \quad (4.9)$$

де  $Q_{p_i}$  – кількість пари  $i$ -го речовини, що виділяється, яка входить до складу розчинника емалі, кг/год;  $f_u$  – частка фарби, що випаровується (летюча) %;  $f_{\lambda_i}$  – кількість летючої  $i$ -го забруднюючої речовини у фарбі %.

### 4.3. Оцінка експлуатаційної надійності поршневих пальців

Оцінка надійності поршневих пальців включає такі показники як середній наробіток на відмову, середній час відновлення робото здатного стану, в тому числі і коефіцієнт готовності  $K_G$ .

Саме коефіцієнт готовності є важливим для оцінки ступеню навантаження сільськогосподарської техніки, що працює в складі механізованого комплексу, оскільки є комплексним показником надійності.

Він кількісно характеризує властивості як безвідмовності об'єкту, так і ремонтпридатності, та визначається вірогідністю того, що об'єкт буде в робото здатному стані в довільний момент часу [28].

Коефіцієнт готовності визначали за формулою:

$$K_T = \frac{T_o}{T_o + T_e} \quad (4.10)$$

де  $T_o$  – середній наробіток на відмову, год.;  $T_e$  – середній час відновлення роботоздатного стану.

Надійність системи може бути визначена по даним їх складових елементів, так як визначити цей показник вузла або деталі простіше, ніж усієї системи. Тому надійність роботи оцінювали по показнику надійності поршневих пальців, відновлених по існуючій та розробленій технологіях.

Час відновлення поршневого пальця по існуючій технології складає 1,72 год., а по розробленій – 0,65 год.

В таблиці 4.4 наведені середні значення коефіцієнту готовності агрегатів, що працюють в умовах різної завантаженості в складі сільськогосподарського механізованого комплексу. Аналізували дві групи двигунів: перша – з поршневими пальцями, відновленими вібраційним зміцненням, а друга – з поршневими пальцями, відновленими по звичайній технології.

Таблиця 4.4 – Коефіцієнт готовності

Технологічний комплекс з двигунами	$T_o$ , год.	$T_e$ , год.	Коефіцієнт готовності $K_T$
1. Перша група	303	35	0,883
2. Друга група	152	52	0,744

Як видно з табличних даних, коефіцієнт готовності двигунів з пальцями, відновленими вібраційним деформуванням в 1,19 рази вищий, ніж з поршневими пальцями, відновленими по звичайній технології.

#### 4.4. Техніко-економічне обґрунтування розробок

Дані дослідження процесу роздачі зразків-втулок звичайним вібраційним деформуванням, показали, що вібраційне деформування характеризується більш високою ефективністю.

Поршеві пальця двигунів ЯМЗ-236 тракторів Т-150К виготовляли зі сталі 12ХН3А з цементацією поверхневого шару на глибину, що відповідає 1,3...1,9 мм та 1,2...1,8 мм при гартуванні в оливі при 800...810°C ат відпуском на повітрі при 200...220°C до твердості 60...65HRC.

Технічними вимогами передбачалося вибракування поршневих пальців при їх зносі на величину 0,07...0,1 мм.

Придатні до відновлення поршневі пальці сортувались по внутрішньому діаметру на три групи [29]:

1. Перша група з внутрішнім діаметром 25,05...25,10 мм;
2. Друга група з розмірами внутрішнього діаметру 25,10...25,15 мм.
3. Поршневі пальці третьої групи мали внутрішній діаметр 25,15...25,20 мм.

Для кожної групи пальців виготовлялись пуансони з діаметром калібруючої частини в залежності від припуску на обробку (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Діаметр калібруючої частини пуансона, мм

Прохід	Група		
	1-ша	2-га	3-тя
Звичайне деформування			
1	25,3	25,6	25,9
2	25,6	25,9	26,2
3	25,9	26,2	26,5
Вібраційне деформування			
1	25,2	25,3	25,5
2	25,4	25,5	25,7
3	25,6	25,7	25,9

Пуансони виготовляли зі сталі У9 з кутом ухилу  $\beta = 10^\circ$ . Головка пуансона (робоча частина) після загартування мала твердість 62...65 HRC, а хвостовик 48...52 HRC.

Величина зносу поршневих пальців двигунів ЯМЗ-236, відновлених методом вібраційного деформування, в середньому на 30% менше, ніж при звичайній роздачі.

Технологічна схема відновлення поршневих пальців двигуна ЯМЗ-236 представлена на рис. 4.1.

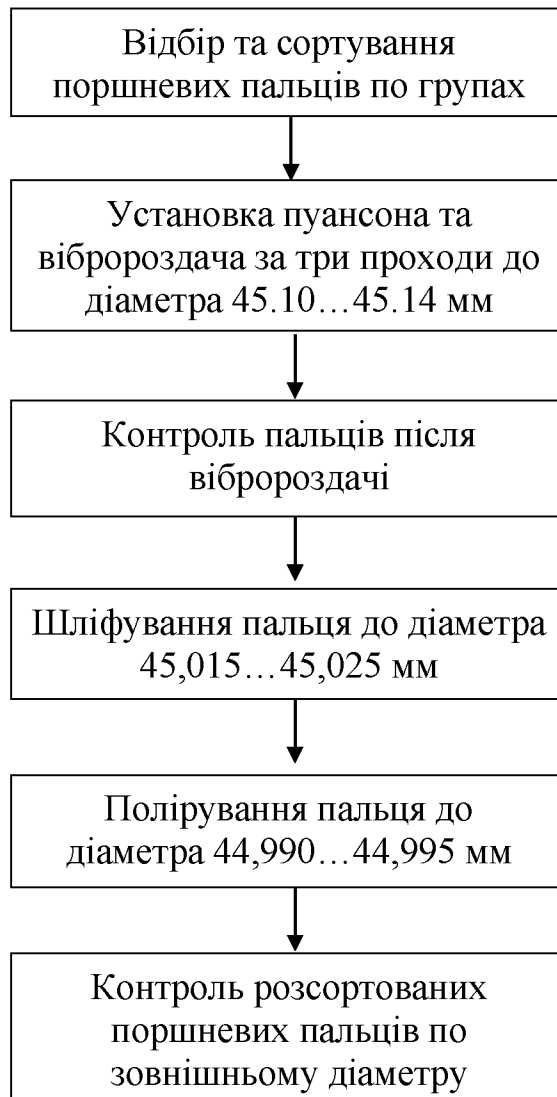


Рисунок 4.1 – Технологічна схема відновлення та зміцнення поршневих пальців методом вібраційного деформування

Поршневі пальці після відновлення повинні відповідати наступним вимогам:

1. Після полірування на поверхні пальців не допускаються тріщини, риски, гострі кромки та заусениці.
2. Шорсткість поверхні пальців повинна відповідати  $Ra$  0,32 мм.
3. Твердість зовнішньої поверхні повинна бути 58...65 HRC.

4. Відхилення від овалоподібності та конусоподібності не більше 0,004мм.
5. Допускається зменшення довжини відновлених пальців до 0,9%.

#### **4.5. Економічна оцінка ефективності відновлення поршневих пальців**

Техніко-економічна оцінка проведена у відповідності з рекомендаціями щодо визначення економічної ефективності підвищення надійності і довговічності сільськогосподарських машин, викладених в роботах [30].

Річний економічний ефект від впровадження розробленої технології визначали за формулою:

$$E = [(c_1 + E_n \kappa_1) - (c_2 + E_n \kappa_2)] B_r, \quad (4.11)$$

де  $c_1$  і  $c_2$  – собівартість відновлення поршневого пальця по традиційній (роздача відпалених пальців на пресі) і розробленій (вібраційна роздача невідпалених пальців) технологіях, грн.;  $\kappa_1$  і  $\kappa_2$  – питомі капітальні вкладення на придбання технологічного обладнання, грн.;  $E_n = 0,15$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;  $B_r$  – річний обсяг відновлюваних поршневих пальців за розробленою технологією, шт.

Затрати на виготовлення вібраційної установки в перерахунку на нові ціни складають 19135 грн.

Питомі капітальні вкладення визначали по залежностям:

$$\kappa_1 = \frac{c_{o1}}{B_{e1}}; \quad \kappa_2 = \frac{c_{o2}}{B_{e2}}, \quad (4.12)$$

де  $c_{o1}$  і  $c_{o2}$  – вартість основних виробничих фондів за діючої технології виготовлення і розробленої технології відновлення поршневих пальців;  $B_{r1}$  і  $B_{r2}$  – річна програма відновлення за колишньою та розробленою технологією.

Питомі капітальні вкладення становлять:

$$k_1 = 27,05 \text{ грн.}; \quad k_2 = 16,35 \text{ грн.}$$

Собівартість відновлення  $C$  поршневого пальця визначали по наступній формулі:

$$C = C_{з.н.} + C_m + C_{р.ф.} + C_{н.р.} + C_{н.р.}, \quad (4.13)$$

де  $C_{з.н.}$  – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих в процесі відновлення, грн.;  $C_m$  – витрати на використовувані при відновленні поршневих пальців матеріали, грн.;  $C_{р.ф.}$  – вартість ремонтного фонду з урахуванням витрат на придбання обладнання, грн.;  $C_{н.р.}$  – накладні витрати, грн.;  $C_{н.р.}$  – інші витрати, грн.

Собівартість відновлення одного поршневого пальця за колишньою технологією склала  $c_1 = 87,2$  грн., а відновленого  $c_2 = 53,2$  грн.

Економічний ефект від впровадження розробленої технології складе:

$$E = [(87,2 + 0,15 \cdot 27,05) - (53,2 + 0,15 \cdot 16,35)] 12000 = 308680 \text{ грн.},$$

де 12000 – річний обсяг відновлюваних поршневих пальців.

Економічний ефект на одиницю продукції становить 32,39 грн.

Додатковий прибуток від реалізації річного обсягу продукції у виробника становитиме:

$$П = [(Ц_2 - c_2) - (Ц_1 - c_1)] B_r, \quad (4.14)$$

де  $Ц_1$  і  $Ц_2$  – оптова ціна нового поршневого пальця і відновленого за розробленою технологією, грн.

$$П = [(117,0 - 53,2) - (117,0 - 87,2)] 12000 = 360000 \text{ грн.}$$

Основні показники техніко-економічної ефективності відновлення поршневих пальців наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Показники техніко-економічної ефективності

Показники економічної оцінки	Значення показників	
	Існуюча технологія відновлення	Розроблена технологія відновлення
1. Річний об'єм відновлення, шт.	12000	12000
2. Собівартість одного поршневого пальця, грн.	87,2	53,2
3. Питомі капітальні вкладення, грн.	27,05	16,35
4. Річний економічний ефект, грн.	–	308680
5. Економічний ефект на одиницю продукції, грн.	–	32,39

### Висновок

1. Вібраційний метод відновлення забезпечує зниження зносу на 30% в порівнянні з традиційним методом.

2. Знос нових поршневих пальців не відрізняється від розробленого методу.

3. Вартість одного поршневого пальця, відновленого вібраційним методом, в 1,64 рази нижче вартості пальця, відновленого традиційною (діючою) технологією. Це забезпечено зниження часу на його відновлення за технологією, що пропонується.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Широке застосування методу вібраційного зміцнення при відновленні деталей сільськогосподарської техніки обмежено внаслідок недостатнього його вивчення.
2. Для отримання глибших уявлень про механізм вібраційної деформації, зміцнення оброблюваної поверхні при відновленні деталей типу втулок необхідне проведення експериментальних досліджень.
3. Встановлено, що ступінь деформації і зміцнення оброблюваної поверхні залежать від кута ухилу оброблюваного інструменту, матеріалу і розміру відновлюваних деталей, швидкості деформації, амплітуди і частоти коливань робочого інструменту (пуансона).
4. Встановлено, що мінімальне налипання металу на пуансон має місце при куті ухилу пуансона  $\beta = 10^\circ$  в умовах як звичайної, так і вібраційної деформації.
5. Мінімальне значення шорсткості при звичайній і вібраційній деформації мають місце при висоті калібруючого пояска  $h = 5$  мм.
6. Ступінь деформації по зовнішньому діаметру в 1,26 рази більший, а по довжині в 2,23 рази менший при вібраційному деформуванні.
7. Зусилля деформування зразків (втулок) при  $\beta = 10^\circ$  і припуску на обробку  $\Pi = 2,0$  мм при вібраційній обробці в 2,12 рази менше, ніж при звичайній.
8. В умовах вібраційного деформування спостерігається більш рівномірна і дрібнозерниста структура зразків.
9. Спрацювання ролика в 1,11 рази, а колодочки – в 1,17 рази менше при вібраційному деформуванні, ніж при звичайному.
10. Вібраційний метод відновлення забезпечує зниження зносу на 30% в порівнянні з традиційним методом.
11. Вартість одного поршневого пальця, відновленого вібраційним методом, в 1,64 рази менше, ніж відновлених звичайною роздачею.