

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

**Кафедра інжинірингу технічних систем**

**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 ОБ'ЄМНИХ  
ГІДРАВЛІЧНИХ АГРЕГАТІВ УДОСКОНАЛЕННЯМ  
МИЙНО-ОЧИСНИХ ОПЕРАЦІЙ**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМ-1-23 за  
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Анголенко Віктор Миколайович

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

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро - 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
завідувача кафедри

**ІТС**

(назва кафедри)

**К.Т.Н., доц.**

(вчене звання)

**Дудін В.Ю**

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Анголенко Віктору Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** «Підвищення якості ремонту об'ємних гідравлічних агрегатів удосконаленням мийно-очисних операцій»

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

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

затверджена наказом вищого навчального закладу від

«11» листопада 2024 року № 3769

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

**3. Вихідні дані до роботи** Багатостадійна очистка в технологічному процесі ремонту гідроагрегатів. Аналіз стану поверхні деталей, причини та види забруднень агрегатів гідросистем. Аналіз способів очищення гідроагрегатів їх вузлів та деталей.

**4. Склад розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Задачі удосконалення мийно-очисних операцій при ремонті об'ємних гідроагрегатів. 2. Основи очищення металевих поверхонь деталей гідроагрегатів 3. Методика виконання досліджень 4. Охорона праці

та безпека в непередбачених ситуаціях. 6. Економічна оцінка. Висновки роботи та результати. Література.

### **5. Перелік презентаційного матеріалу**

1. Мета роботи ( 2 аркуш, А4). 2. Торетичні результати ( 1 арк., А4). 3. Методи досліджень (2 аркш. А4). Експериментальні дослідження ( 7 арк., А4) 5. Економічна ефективність (1 аркуш, А4). 6. Виводи ( 4 арк., А4)

### **6. Консультанти розділів роботи**

| Розділ         | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|----------------|---|----------------|------------------|
|                |   | завдання видав | завдання прийняв |
| 1-6            | Мельянцов П. Т., доцент                   |                |                  |
| нормо контроль | Івлєв В. В., доцент                       |                |                  |

7. Термін видачі завдання: 02.09.2024 р.

## **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту    | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Аналіз стану питання               | до 30.09.2024 р.              | Виконано |
| 2     | Аналітичні дослідження             | до 15.10.2024 р.              | Виконано |
| 3     | Методика та результати досліджень  | до 02.11.2024 р.              | Виконано |
| 4     | Безпека в непередбачених ситуаціях | до 25.11.2024 р.              | Виконано |
| 5     | Економічна ефективність            | до 02.12.2024 р.              | Виконано |
| 6     | Презентаційні матеріали            | до 08.12.2024 р.              | Виконано |

**Студент**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Анголенко В. М.

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Мельянцов П. Т.

(прізвище та ініціали)



## АНОТАЦІЯ

Анголенко В. М. «Підвищення якості ремонту об'ємних гідравлічних агрегатів удосконаленням мийно-очисних операцій».

Існуючі технологічні процеси з ремонту аксіально-поршневих гідромашин на спеціалізованих сервісних підприємствах не забезпечують міжремонтний ресурс агрегатів, що обумовлюється низькою технологічною і технічною організацією мийно-очисних операцій. Метою роботи являється підвищення ефективності і якості очистки аксіально-поршневих гідромашин та їх деталей в технології їх ремонту, впровадженням нових операцій очистки та удосконаленням існуючих. Для досягнення поставленої мети були розроблені технологічні і технічні заходи з підвищення ефективності проведення мийно-очисних операцій. На технологічному рівні рекомендується застосування додаткових очисних операцій після проведення передремонтного діагностування гідроагрегатів та очищення деталей після їх ремонту притиранням. Для підвищення якості очищення внутрішніх порожнин гідроагрегатів застосовується газорідинний метод очищення, заснований на використанні стисненого газу, що вводиться в імпульсному режимі в потік очищувальної рідини під надлишковим тиском. Для видалення дрібних металевих частинок з поверхонь деталей пропонується метод вібраційного очищення.

**Ключові слова:** гідравлічна трансмісія, аксіально-поршневі гідроагрегати, сервісні підприємства, технологія ремонту, багатостадійна очистка, мийно-очисні операції, якість очистки, газорідинний метод очищення.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП .....  | 7  |
| 1. ЗАДАЧІ УДОСКОНАЛЕННЯ МИЙНО-ОЧИСНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ<br>РЕМОНТІ ОБ'ЄМНИХ ГІДРОАГРЕГАТІВ .....                                | 10 |
| 1.1 Багатостадійна очистка в технологічному процесі ремонту<br>гідроагрегатів .....  | 10 |
| 1.2 Аналіз стану поверхні деталей, причини та види забруднень агрегатів<br>гідросистем .....                               | 12 |
| 1.3 Аналіз способів очищення гідроагрегатів їх вузлів та деталей .....   | 19 |
| 1.4 Мета і задачі роботи .....   | 22 |
| 2. ОСНОВИ ОЧИЩЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ<br>ГІДРОАГРЕГАТІВ .....   | 24 |
| 2.1 Дослідження режиму очистки металеві поверхні деталі.....   | 24 |
| 2.2 Фізико-хімічні особливості взаємодії оброблюваних деталей і робочого<br>середовища при віброабразивному очищенні ..... | 31 |
| 2.3 Шляхи інтенсифікації процесу вібраційної очистки деталей .....   | 34 |
| 3. МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....   | 41 |
| 3.1 Загальні програма і методики досліджень .....  | 41 |
| 3.2 Методика визначення забруднення аксіально-поршневих агрегатів при<br>вхідному контролі на ремонт.....                  | 41 |
| 3.3 Методика визначення концентрації очищувальної рідини для миття<br>корпусних деталей .....                              | 44 |
| 3.4 Установка для віброабразивної очистки деталей .....  | 46 |
| 3.5 Методика визначення шорсткості поверхні очищеної деталі.....   | 48 |
| 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕМПІРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....   | 50 |
| 4.1 Результати забрудненості аксіально-поршневих гідромашин.....   | 50 |
| 4.2 Результати з визначення концентрації очисної рідини .....  | 53 |
| 4.3 Результати віброабразивної очистки деталей .....   | 56 |
| 4.4 Структурний склад операцій багатостадійного очищення аксіально-<br>поршневих гідромашин для сервісних підприємств..... | 58 |

|  |    |
|--|----|
|  | 6  |
| 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НЕПЕРДБАЧЕНИХ СИТУАЦІЯХ...                 | 62 |
| 5.1 Стан умов роботи та пожежної безпеки у спеціалізованій майстерні ... | 62 |
| 5.2 Дії щодо поліпшення стану праці .....                                | 65 |
| 5.3 Дії у непередбачених ситуаціях в сервісному підрозділі .....         | 68 |
| 6. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА .....   | 71 |
| ВИСНОВКИ РОБОТИ .....  | 77 |
| ЛІТЕРАТУРА .....   | 80 |
| ДОДАТКИ.....   | 82 |

## ВСТУП

Для забезпечення ефективної експлуатації парку машин і безпосередньо гідравлічних систем безперечний інтерес представляє вдосконалення технології ремонту агрегатів гідравлічних систем, в тому числі за рахунок вдосконалення існуючих та розробки нових методів очистки та миття деталей та вузлів.

Серед невирішених завдань загальної технології ремонту машин важливе місце відводиться якості очисних, мийних і обробно-зачисних операцій при обробці вузлів і деталей гідравлічних агрегатів (від твердих забруднень, нагару, окалини, корозійних і олійно-забруднених утворень, видалення задирок і округлення кромки). При цьому якість обробки вузлів і деталей безпосередньо впливає не тільки на довговічність і надійність відремонтованих гідроагрегатів, але і на їх продуктивність.

Аналіз технологічних процесів з поточного та капітального ремонту аксіально-поршневих гідромашин показав, що до основних операцій, які впливають на якість ремонту гідромашин, належать операції багатостадійної очистки (зовнішня очистка агрегатів, миття деталей перед дефектацією, очищення деталей перед відновленням, очищення деталей перед складанням, очищення агрегатів після випробування), а також операції пов'язані з відновленням деталей, які обумовлюють втрату працездатності агрегатів [1,2].

Детальний аналіз мийно-очисних операцій, які проводяться в технологічному процесі ремонту гідроагрегатів, показав, що запропоновані методи та засоби не в повній мірі забезпечують якісне очищення деталей. В деякій мірі це обумовлюється тим, що для очищення деталей в своїй більшості застосовуються в якості очищаючого середовища лужні розчини підігріті до температури 60-80<sup>0</sup>С, а спосіб його підведення до об'єктів очистки обмежується занурення в ваннах - для очистки внутрішніх та зовнішніх поверхонь деталей, та струйний - для зовнішнього очищення гідроагрегатів. При цьому в процесі очищення з поверхонь деталей необхідно



видаляти тверді мілкі частини, продукти корозії та окислення з полімеризованими залишками масел, жирові плівки та ін., що потребує для їх видалення значних зусиль та виконання спеціальних операцій [3].

Отже питання удосконалення технології очисних операцій в технологічному процесі ремонту аксіально-поршневих гідромашин являються актуальними і потребують детального дослідження.

**Метою роботи** являється підвищення ефективності і якості очистки деталей та вузлів аксіально-поршневих гідромашин, в процесі їх ремонту, шляхом впровадження нових та інтенсифікації існуючих процесів очистки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити **наступні задачі**:

1. Визначити види забруднень аксіально-поршневих гідромашин в умовах експлуатації та сервісних підприємств.

2. Провести теоретичні дослідження режиму очистки металеві поверхні потоком миючої рідини, та фізико-хімічних особливостей взаємодії очищаючих деталей і робочого середовища при віброабразивному очищенні.

3. Обґрунтувати концентрацію мийних розчинів та режими очистки корпусних деталей аксіально-поршневих гідромашин.

4. Провести вибір та обґрунтування технологічних параметрів для очистки деталей віброабразивним способом.

**Об'єктом дослідження** є технологічні процеси з ремонту аксіально-поршневих гідромашин гідростатичних приводів сільськогосподарських машин.

**Предметом дослідження** являються процеси очистки вузлів та деталей аксіально-поршневих гідромашин при їх ремонту.

**Наукова новизна**: на основі аналітичних досліджень дії сил на абразивну частинку, вдалося визначити, що при швидкості робочої рідини більше  $1,3v_0$  спостерігається масовий відрив частиць і створюються гідродинамічні умови для їх вивішування, за рахунок несиметричного обтікання частиць потоком, створюючи за ним зони відриву потоку, в яких виникають турбулентні вихрі.

**Практичні рекомендації:** обґрунтована концентрація мийних розчинів для інтенсифікації процесів очистки корпусних деталей аксіально-поршневих гідромашин, які можуть бути реалізовані на сервісних підприємствах з ремонту гідроагрегатів;

- запропонована методика визначення забруднень робочої рідини в корпусах аксіально-поршневих гідромашин, може бути реалізована як на ремонтних підприємствах, так і в умовах експлуатації, для визначення технічного стану рідини;

- розроблена схема установки для проведення віброабразивного очищення деталей може бути реалізована в очисних машинах віброабразивного типу для підприємств з технічного сервісу гідравлічних агрегатів.

# 1. ЗАДАЧІ УДОСКОНАЛЕННЯ МИЙНО-ОЧИСНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ РЕМОНТІ ОБ'ЄМНИХ ГІДРОАГРЕГАТІВ

## 1.1 Багатостадійна очистка в технологічному процесі ремонту гідроагрегатів

Ефективна експлуатація мобільних машин, оснащених агрегатами гідростатичного приводу, передбачає створення широко розвиненої мережі ремонтних підприємств із сучасною технологією їх ремонту.

На практиці сформувалися виробничі структури, накопичений досвід розробки та вдосконалення технології ремонту аксіально-поршневих гідромашин.

Капітальний ремонт гідроагрегатів в сучасних ремонтних майстернях включає в себе широкий спектр завдань. Крім основних завдань, таких як розбирання, мийка і очистка, виявлення несправностей і сортування, ремонт і виробництво компонентів, комплектація і складання, обкатка і фарбування, існують також допоміжні завдання, такі як переміщення, зберігання, технічне обслуговування і ремонт обладнання та будівель, технічний менеджмент, матеріально-технічне забезпечення та оснащення, а також енергопостачання всіх видів.

Технологія ремонту агрегатів гідростатичного приводу сільськогосподарських машин відрізняється від інших технологій в зв'язку з більш високими вимоги до якості виконання ремонтних операцій.

В процесі ремонту аксіально-поршневих гідромашин застосовується багатостадійна очистка агрегатів, вузлів і деталей до якої належать операції багатостадійної очистки (зовнішня очистка агрегатів перед передремонтним діагностуванням, очистка вузлів та агрегатів перед розбиранням, миття деталей перед дефектацією, очищення деталей перед відновленням, очищення деталей перед складанням, очищення агрегатів після випробовування).

На сьогоднішній день в технологічному процесі ремонту гідравлічних агрегатів застосовуються мийно-очисні операції, які представлені на рис.1.1. [4].

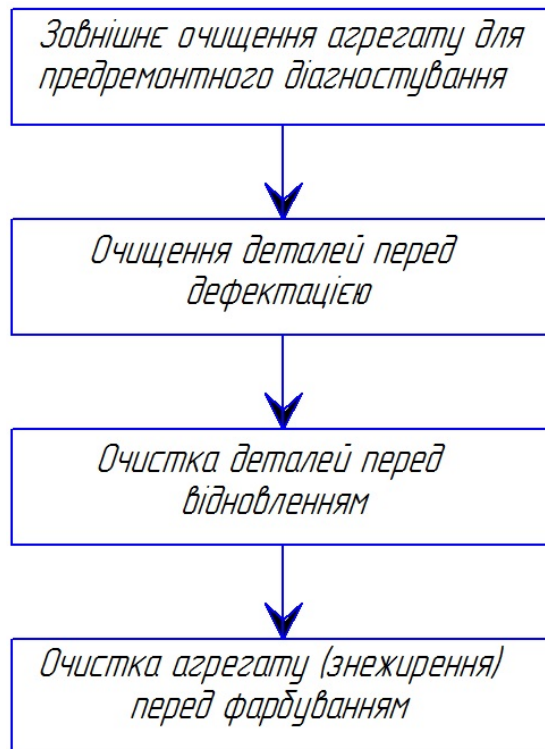


Рисунок 1.1 – Схема технологічного процесу ремонту гідроприводу [4].

Зовнішнє очищення гідравлічних агрегатів перед проведенням передремонтного діагностування значно покращує умови роботи слюсаря при проведенні діагностування за рахунок доброго доступу до різьбових з'єднань та монтажних поверхонь на корпусах гідромашин.

При зовнішньому очищенні з поверхні агрегатів видаляються макрочастини, що покращує проведення розбиральних операцій, особливо різьбових з'єднань.

Очищення деталей перед дефектацією проводиться з метою підвищення якості контрольних операцій і визначенням дійсного технічного стану деталей, що значно підвищує якість ремонту гідроагрегатів в цілому.

Очищення деталей перед відновленням обумовлюється тим, що при очікуванні до проведення відновлювальних операцій на поверхнях деталей утворюються жирові та окисні плівки, що суттєво впливає на якість

відновлювання деталей.

Проведення очищення агрегатів перед фарбуванням в основному забезпечує видалення жирових плівок для покращення якості фарбувальних операцій.

Детальний аналіз мийно-очисних дій, які реалізуються в технологічному процесі ремонту аксіально-поршневих гідромашин, показує, що для підвищення якості ремонту необхідне впровадження таких операцій як очистка вузлів перед розбиранням їх на деталі, а також внутрішнє очищення гідроагрегатів після їх обкатки та випробовування з метою видалення абразивних частинок з внутрішніх порожнин картерних ємностей гідромашин, які заносяться туди рідиною випробувальних стендів.

## 1.2 Аналіз стану поверхні деталей, причини та види забруднень агрегатів гідросистем

Причини виникнення забруднень можуть бути різні: окислення поверхні металів (оксиди, продукти корозії), термічне розкладання масел (нагар, асфальто-смолисті відкладення), емульсійні і масляні плівки, механічні частинки (абразив, стружка тощо), залишки обробки різанням (стружка, абразив, задири), процеси зварювання і пайки (залишки флюсу, окалина), зберігання та транспортування (консистентні та консерваційні мастила), потрапляння забруднень з навколишнього середовища та ін.

Забруднення на поверхнях мобільних машин та їх вузлів і агрегатів виникають в процесі експлуатації, а також ремонту. Їх класифікацію можна представити в вигляді схеми (рис.1.2).

У гідравлічних трансмісії в процесі експлуатації спостерігається забруднення дорожнім пилом, який характеризується невеликою адгезійною міцністю. Практично очищають зовнішні забруднення холодною водою без застосування миючих засобів.

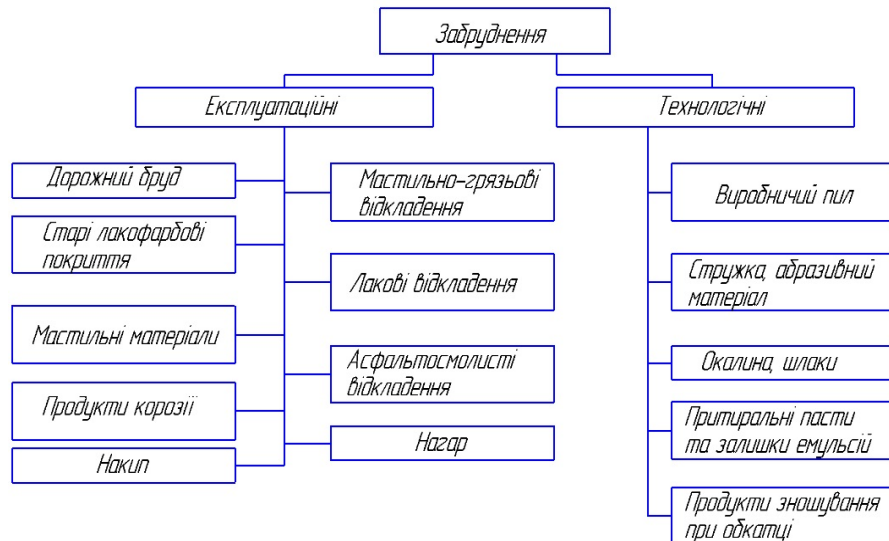


Рисунок 1. 2 – Класифікація видів забруднень

Старі лакофарбові покриття видаляють для того, щоб відновити окремі пошкоджені місця або змінити забарвлення, наприклад при капітальному ремонті машини, при підготовці поверхні до зварювання і т.д. При цьому, застосовують концентровані лужні розчини, змивки, а для механічного очищення - віброабразивну очистку або спеціальний слюсарний інструмент (дротяні щітки, наждачне полотно та ін.)

Мастильні матеріали утворюють забруднення як на зовнішній по-поверхні агрегатів, так і на по-поверхні деталей, що працюють усередині цих агрегатів і складальних одиниць.

Забруднення на зовнішній поверхні обумовлені поганою герметизацією і недбалою заправкою картерів і ємностей. Маслянисті забруднення піддаються процесу «старіння» - окислюються і полімеризуються. Продукти окислення мастильних матеріалів на деталях, що працюють всередині агрегатів, умовно поділяють на осадки, лаки, нагар.

Продукти корозії утворюються як правило в результаті хімічної або електрохімічної взаємодії їх з навколишнім середовищем, наприклад з повітрям, водою, бензином і маслами, що містять сірчисті з'єднання, і т.д.

Видалення продуктів корозійного руйнування металів є однією з найбільш трудомістких операцій очищення. Крім того, очищаються вироби втрачають свої властивості аж до повного руйнування матеріалу.

Технологічні забруднення можуть бути у вигляді пилу, стружки, зерен абразиву, залишків притиральних паст, окалини, шлаки, продукти зносу деталей та ін. Потрапляючи в мастильну систему, такі забруднення суттєво зменшують перетин масляних каналів і тим самим погіршують умови змазування поверхонь тертя деталей. При циркуляції разом з маслом вони потрапляють в зону пар тертя деталей і залишають на них ризки, подряпини, задираки і т.д. Для видалення таких забруднень слід вибирати відповідну технологію очищення.

Способи очистки гідравлічних агрегатів обумовлюються видами їх забруднення, які за характером мають різну природу появи і різний вплив на працездатність і довговічність агрегатів.

Значна частина зарубіжних дослідників вважають, що близько 60 % відмов в гідравлічних приводах мобільних машин обумовлене підвищеним забрудненням гідросистем [5].

Прецизійні пари тертя гідравлічних агрегатів є досить чутливими до забруднень робочої рідини. Номінальні діаметральні зазори в рухливих прецизійних парах гідроагрегатів сільськогосподарських машин знаходяться в інтервалі 12-35 мкм. При цьому для безвідмовної роботи гідроагрегатів необхідно щоб розміри часток забруднень не перевищували половину ширини зазору між сполученими деталями.

Отже, розміри механічних домішок не повинні перевищувати 6-17 мкм. З врахуванням ексцентричного навантаження рухливих елементів від динаміки рідини та дії пружин в агрегатах тонкість очищення рідин повинна бути вище зазначених меж.

Основним джерелом забруднень є робоча рідина і абразивні частинки, які попадають у агрегати п в процесі їх ремонту. Причинами підвищення забруднення гідроагрегатів після ремонту, є відхилення або недотримання

технічних вимог на виконання технологічних операцій у процесі відновлювальних робіт, низький ступінь очищення рідини, яка заправляється в гідросистему машини, підвищене забруднення гідросистем випробувальних і промивних стендів, відсутність належного встаткування постів виконання складальних операцій (очищення проточного повітря, чистий інструмент і заправні засоби, чистий спецодяг персоналу, що обслуговується, дрантя без відділення волокон).

Для визначення динаміки забруднення гідросистем при їхньому ремонті в роботі [5] проведені дослідження забруднення рідин у стендах і промивних ваннах робочих рідин, що заправляються, гідроагрегатах і гідросистемах машин після ремонту. Обстеження проводилося в умовах ремонтного спеціалізованого підприємства третього рівня об'єктів ремонтно-обслуговуючої бази. Випробування та обкатка агрегатів після ремонту проводиться на стендах КИ-4200 і КИ-4815М, які обладнані фільтрами грубого очищення, що не забезпечує якісне очищення робочої рідини.

Результати дослідження технічного стану робочої рідини в процесі обкатки та випробування показали, що забрудненість робочої рідини в стенді знаходиться в межах від 0,0310 до 0,0570 % по масі, що перевищує допустиму межу 13 класу чистоти в 6-12 разів. Отже джерелом зміни технічного стану агрегатів є робоча рідина, яка забруднюється абразивними домішками, які знаходяться безпосередньо в гідравлічній системі стенда і в картерних ємкостях гідроагрегатів [6].

Проведені дослідження умов експлуатації аксіально-поршневих гідромашин, які являються складовими гідростатичних приводів сільськогосподарських машин, показують, що агрегати працюють в умовах значного запилення повітря і водночас на їх зовнішніх поверхнях накопичується промаслений пил, який суттєво впливає на температурний режим роботи агрегатів, а також являється джерелом забруднення гідромашин при проведенні робіт з технічного обслуговування та діагностування (рис.1.3,1.4).





Рисунок 1.3 – Зовнішня забрудненість аксіально-поршневого гідромотора



Рисунок 1.4 – Зовнішня забрудненість аксіально-поршневого гідронасоса.

Являється явним, що при проведенні регламентних робіт з технічного обслуговування аксіально-поршневих гідромашин, які передбачають підключення діагностичного обладнання і часткову розгерметизацію агрегатів, частина зовнішнього забруднення потрапить до внутрішніх порожнин, що обумовить забруднення також і робочої рідини. Подальша експлуатація таких агрегатів буде характеризуватися зменшенням ресурсу до втрати працездатного стану гідромашин і відправки їх до ремонту.

Є очевидним, що потрапляння таких агрегатів на спеціалізовані підприємства з їх ремонту, потребують якісного зовнішнього очищення агрегатів для видалення промасленого пилу, що підтверджується на (рис.1.5).



Рисунок 1.5 – Залишки промасленого пилу в картері гідронасоса

Водночас дослідженнями вдалося також виявити відхилення від вимог до зберігання агрегатів гідравлічних трансмісій сільськогосподарських машин (рис.1.6).



Рисунок 1.6 – Зберігання розгерметизованого гідромотора з дренажним отвором

Зберігання аксіально-поршневих гідромашин з розгерметизованими дренажними отворами та отворами головного контуру обумовлює потрапляння вологи разом з повітрям до внутрішніх порожнин агрегатів, що приводить до появи корозії в деталях качаючих вузлів (рис.1.7).



Рисунок 1.4 – Сліди корозії плунжерів при тривалому зберіганню розгерметизованого гідроагрегату

Очистка деталей від корозії потребує більш ефективних способів їх очистки, так як застосування традиційних способів з застосуванням лужних розчинів підігрітих до температури 70-80 °С не забезпечить якісного очищення і потребує збільшення часу на очистку деталі.

Проведені дослідження стану поверхні деталей та причин забруднення гідравлічних агрегатів дають можливість зробити наступний висновок:

- наявність значної кількості забруднень на зовнішніх поверхнях гідравлічних агрегатів сприяє попаданню абразивного пилю до їх картерних ємкостей при розгерметизації гідравлічної системи для проведенні регламентних робіт з технічного обслуговування та діагностування;

- наявність корозійного зношення в деталях гідравлічних агрегатах обумовлюється потраплянням вологи до рідини і безпосередньо до внутрішніх порожнин корпусних деталей при наявності розгерметизації гідросистеми.

### 1.3 Аналіз способів очищення гідроагрегатів їх вузлів та деталей

Способи очистки гідравлічних агрегатів в ремонтному виробництві обумовлюються стадіями технологічного процесу (зовнішнє очищення агрегату перед розбиранням, очищення деталі перед дефектацією і т.д.), геометричними розмірами деталей, видами забруднень. Найбільш розповсюдженими являються такі способи: механічним шляхом, ванновим зануренням у розчин, оббризуванням (струминне очищення), парами розчинників, з використанням ультразвукових коливань, циркуляцією миючої рідини.

Механічне очищення застосовується для сильно забруднених і невідповідальних деталей. Для цього використовується ручний і механізований інструмент у вигляді шкребків і щіток або спеціальне устаткування, що створює потік абразивного матеріалу. Механічне очищення може бути застосоване в якості зовнішнього очищення і повинне супроводжуватися обдуванням деталей, що очищаються, чистим стисненим повітрям і промиванням їх у рідині.

Водночас механічне очищення не застосовується для прецизійних відповідальних деталей, внаслідок появи в результаті очищення великої кількості абразивно-активних забруднень і відсутності гарантій по їхньому повному видаленню з поверхні деталей, що очищаються, а також через нанесення подряпин і вибоїн на поверхні деталі.

Очищення ванновим зануренням у розчин широко застосовується для зовнішнього очищення агрегатів. Для очищення виробу занурюють у розчин ванни миючої машини, і якийсь час витримують у ньому. Час очищення залежить від характеру забруднень і ступені забруднення агрегатів або деталей. Підвищенню ефективності очищення сприяє механічне перемішування розчину або переміщення деталей у ванні, а також підвищення температури розчину до 80 °С. Подальше підвищення температури розчину до температури кипіння, незважаючи на скорочення

тривалості очищення в 6-10 раз, недоцільно, оскільки це приводить до значних втрат розчину за рахунок випару.

Вважається, що більш кращим є застосування у ваннах обладнань для перемішування миючого розчину, наприклад гвинтових високооборотних мішалок, що створюють у розчинах кавітаційні явища, які сприятливо впливають на ефективність очищення. Для підвищення якості очищення усередині ванн звичайно встановлюють поворотні столи, а також спеціальні вібратори, що забезпечують механічні коливання деталей, які очищаються.

Очищення деталей способом оббризування в порівнянні з ванновим очищенням зануренням дозволяє знизити в 2-5 раз тривалість очищення і одночасно забезпечити більш високий ступінь чистоти поверхні, тому що забруднений розчинник практично не затримується на деталях, які очищаються.

До недоліків способу відноситься те, що струмінь розчинника при очищенні деталей складної конфігурації важко направити на всі поверхні, що підлягають очищенню, а також внаслідок великої витрати розчинника і необхідності підтримувати високий рівень його чистоти, цей спосіб очищення самостійно використовується рідко. Його техніко-економічні показники можуть бути суттєво підвищені при використанні в комбінації з іншими способами очищення.

У якості обладнань для струминного очищення застосовуються струминні пістолети, до яких миюча рідина подається під необхідним напором і з необхідною об'ємною витратою від спеціального промивного стенда, обладнаного насосами високого тиску і контрольно-регулюючою апаратурою.

В технологічному процесі ремонту машин струменеві очищення в основному застосовується для зовнішнього очищення об'єктів ремонту і практично не застосовується для очищення внутрішніх картерних емкостей корпусів аксіально-поршневих гідромашин, качаючих вузлів насосів в складі, штокової і без штокової камери гідроциліндра, емкості під кришками гідророзподільника та ін.

Необхідно відмітити, що удосконалювання технології струминного очищення йде по шляху оптимізації робочих режимів, поліпшення складу миючих середовищ, підвищення надійності і поліпшення техніко-економічних показників застосовуваного встаткування та оснащення.

Сутність очищення в парах розчинників полягає в тому, що пари розчинника конденсуються на поверхні деталей, що очищаються, розчиняють забруднення і змивають їх. Очищення деталей проводиться при температурі кипіння розчинника, що підвищує ефективність і скорочує час очищення. Конденсат пар навіть забруднених розчинників завжди дуже чистий. Завдяки цим перевагам процес очищення деталей у парах розчинників широко розповсюджений. Оскільки температура деталей, що очищаються, швидко досягає температури розчинника, то ефективність очищення знижується.

Очищення в парах розчинників доцільно застосовувати для мало забруднених деталей, наприклад, після їхнього очищення способом занурення або оббризування. Вагомим недоліком способу є те, що втрати розчинника при його регенерації досягають 50 %, що знижує економічні показники процесу.

Для очищення порожнин деталей (трубопроводів, корпусних деталей гідравлічних агрегатів та ін.) застосовується спосіб, заснований на прокачуванні через порожнини миючої рідини з певною об'ємною подачею і швидкістю. Відповідно до результатів експериментальних досліджень і експертної оцінки середня швидкість миючої рідини, яка необхідна для ефективного і якісного очищення, повинна підтримуватися в межах 25 – 30 м / с [7].

Широке поширення для очищення прецизійних деталей одержало ультразвукове очищення, яке проводиться в спеціальних ультразвукових установках (ваннах), оснащених генераторами ультразвукових коливань. У якості миючого середовища в цьому випадку застосовуються водні лужні розчини з додаванням поверхнево активних речовин [7].

Поширення ультразвукових коливань у рідині викликає кавітацію та акустичні впливи, які сприяють інтенсифікації механічного та хімічного

впливу миючого середовища на забруднення. Основними факторами, що впливають на ультразвукове очищення деталей, є частота коливань, величина звукового тиску, інтенсивність ультразвукового поля, відстань поверхні, що очищається, від випромінювача, в'язкість, щільність, тиск парогазової суміші й поверхневий натяг миючої рідини.

Однак ультразвукове очищення є дорого коштовним способом, що обмежує його використання за економічним критерієм. Спосіб доцільно застосувати при очищенні складних вузлів та складових, які входять до прецизійних спряжень агрегатів.

Широке поширення в промисловості одержали комбіновані способи очищення, які дозволяють найбільше широко використовувати переваги кожного з перерахованих способів. Найбільше поширення одержали наступні способи комбінованого очищення деталей: багаторазове послідовне занурення у ванни різного складу; занурення й очищення в парах розчинників; очищення в парах розчинників, оббризування й повторне очищення в парах розчинників; занурення, оббризування й очищення в парах розчинників.

До недоліків комбінованих способів очищення слід віднести складність застосовуваного встаткування.

Проведений аналіз способів очищення гідравлічних агрегатів в ремонтному виробництві, показує, що вибір технологічного процесу очищення вузлів та деталей залежить від наступних факторів: виду забруднення, конфігурації і розмірів деталей, які очищаються, технічних вимог до очищених деталей; технологічних можливостей і економічних показників процесу очищення.

#### 1.4 Мета і задачі роботи

Проведений аналіз питань з багатостадійної очистки аксіально-поршневих гідромашин в умовах сервісних підприємств показав, що існуючі способи очистки не забезпечують якісної очистки деталей на основних

операціях з миття корпусних деталей та деталей, які мають корозійне зношення. Такий стан питання обумовлюється відсутністю ефективних мийних машин в ремонтному виробництві, а також очисних середовищ.

**Метою роботи** являється підвищення ефективності і якості очистки деталей та вузлів аксіально-поршневих гідромашин, в процесі їх ремонту, шляхом впровадження нових та інтенсифікації існуючих процесів очистки. Задачі досліджень.

1. Визначити види забруднень аксіально-поршневих гідромашин в умовах експлуатації та сервісних підприємств.

2. Провести теоретичні дослідження режиму очистки металеві поверхні потоком миючої рідини, та фізико-хімічних особливостей взаємодії очищаючих деталей і робочого середовища при віброабразивному очищенні.

3. Обґрунтувати концентрацію мийних розчинів та режими очистки корпусних деталей аксіально-поршневих гідромашин.

4. Провести вибір та обґрунтування технологічних параметрів для очистки деталей віброабразивним способом.



## 2. ОСНОВИ ОЧИЩЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ГІДРОАГРЕГАТІВ

### 2.1 Дослідження режиму очистки металеві поверхні деталі

Очищення металевих поверхонь деталей і картерних порожнин вузлів і агрегатів являє собою складний комплекс механізованих процесів з фізичною і хімічною дією, продуктивність яких обумовлюється характеристиками мийного розчину, формую і властивостями частиць бруду, технологічного режиму очистки та конструкції деталей, агрегатів і систем, які очищуються.

Трудомісткість процесів очищення деталей і агрегатів сучасних машин складає 10-15% від загальних витрат часу на їх відновлення та складання. В зв'язку з цим, вибір мийного середовища, способу і гідродинамічних параметрів очистки являються важливим етапом в технологічному процесі ремонту аксіально-поршневих гідромашин.

Для очищення деталей та агрегатів гідравлічних систем широко застосовують мийні рідини, які мають високу фізико-хімічну активність, в зв'язку з тим, що забруднені поверхні металу представляють в собі суміші абразивних мілких частиць, корозійних нальотів та сліди окислювальних процесів в жирових залишках оливи.

Процес очищення металевих поверхонь струменем рідини поділяється на наступні етапи: відділення частинок забруднення від поверхні; суспензування забруднення потоками рідин; переміщення бруду до фільтруючого (очисного) елемента [8].

Видалення частинок забруднення є важливим елементом загального процесу очистки. При цьому, відокремлені від поверхні частинки необхідно оперативно видалити, для цього потрібен потік мийного розчину з відмінними суспензійними і транспортними властивостями.

Під взвішуванням рідкого середовища розуміють його здатність утримувати в взвішеному стані тверді частинки визначених розмірів.

Із теорії гідро транспортування відомо, що звiшуюча здатнiсть залежить вiд структури середовища, яке звiшується, та його мiцностi i визначається природою i концентрацiєю речовини.

Звiшуюча здатнiсть дисперсного середовища, за звичай характеризується критичним (найбiльшим) розмiром частиць та їх кiлькiстю, якi можуть стiйко утримуватися даним середовищем в звiшеному станi. Загально признаним є те, що стiйкий перенос рiдиною важких частиць в звiшеному станi можливий тiльки в турбулентних потоках рiдини.

Розглянемо процес вiдриву, звiшування i транспортування частиць забруднень потоком рiдини в сукупностi. На частицю, яка лежить на поверхнi, яку потрiбно очистити, дiють наступнi сили (рис.2.1.) [8].

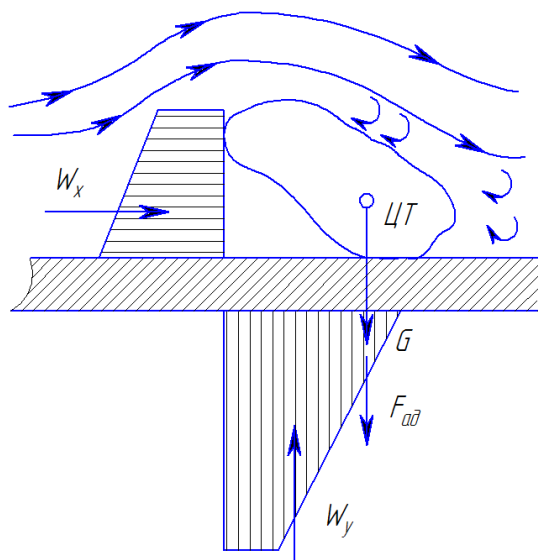


Рисунок 2.1 – Сили, що дiють на частицю забруднення, яка знаходиться на поверхнi i очищується в потоцi рiдини

Із рис. 2.1. видно, що на частицю дiють наступнi сили: сила притягання частицi в рiдинi  $G$ ; адгезiйнi сили (прилиплення)  $F_{ad}$ ; сили пiд емнi  $W_y$ , якi утворюють вертикальнi сили у головному векторi гiдродинамiчних дiй розчину на частицю; сили прямого опору  $W_x$ , якi

являють собою складову головного вектора гідродинамічної дії рідини на частицю, що співпадає з напрямком вектору швидкості потоку [9].

Так як дійсний розмір частиць бруду, що потрібно удалити, перебуває в інтервалі 0,5...100 мкм, їх достатньо велика величина при очищенні зосереджується в пограничному шару рідини, яка представляє собою шар рідини, який загальмовується на поверхні під дією сил в'язкості. Пограничний шар запобігає контакту частиць забруднень з сусідніми шарами рідини, які інтенсивно переміщуються, що затрудняє видалення приліплених до поверхні частиць.

Одинока частиця, яка лежить на поверхні або виступає із маси частиць, які її оточують, сприймає зі сторони потоку муючої рідини силову дію, причиною якої являється сила лобового опору частиці  $W_x$ . Під дією сили  $W_x$  частиця зміщується (здвигається) відносно поверхні контакту, при цьому, сила  $W_x$  в залежності від форми частиць спонукає її котитися або ковзати по поверхні. Чим більша форма частиці приближається до сферичної, тим ймовірніше її переміщення коченням, плоскі та довгі частиці по поверхні або біля поверхні переміщуються ковзанням.

Є явним, що відрив частиці з поверхонь проходить за умови, коли сили гідродинамічних дій розчину на частицю за напрямом потоків перебільшить сили тертя частиці по поверхні. Ця умова описується наступним рівнянням:

$$W_x > f \cdot (G - W_y + F_{ad}), \quad (2.1)$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя частиці по поверхні.

Величина сили тертя частиці по поверхні залежить від сили її зчеплення з поверхнею, яка обумовлена в основному силою ваги частиці  $G$  і силою адгезії  $F_{ad}$ . Силу ваги частиці легко визначити, якщо відомі її розміри і матеріали.

Сила адгезії визначається природою тіл, які контактують, міжмолекулярними і електричними діями, а також капілярним ефектом. Сила адгезії частиць зростає із зменшенням їх розміру. А також в результаті замаслення і зволоження контактуючої поверхні.

Існуючі теоретичні і експериментальні дослідження, в яких визначалась би сила адгезії частиць в маслах або рідинах гідросистем, не в повній мірі дають їй оцінку.

Величину сили адгезії, що утримує в воді скляні шарики біля сталюї поверхні, можна визначити за виразом [8]:

$$F_{ад} = k \cdot d_{ш}, \quad (2.2)$$

де  $k$  - емпіричний коефіцієнт, який залежить від числа адгезії,  $1 \cdot 10^{-5} \text{ Н/мкм}$ ;

$d_{ш}$  - діаметр шарика, мкм.

У дрібних частинок бруду адгезійні сили можуть на порядки бути більшими сили тяжіння і являються основними, які утримують частицю на об'єкті, який очищується.

Відрив частиці від поверхні забезпечує підйомна сила  $W_y$ , яка виникає в результаті несиметричного обтікання частиці і наявності під нею повільно фільтруючої рідини. При такому обтіканні тиск рідини під частицею перевищує тиск рідини над нею.

В свою чергу сила лобового опору частиці сферичної форми визначиться із виразу :

$$W_x = 0,2 \cdot \pi \cdot d_q^2 \cdot \rho \cdot u^2, \quad (2.3)$$

де  $d_q$  - діаметр частиці, м ;

$\rho$  - щільність рідини, кг/м<sup>3</sup> ;

$u$  - швидкість потоку рідини відносно частинці,  $m/s$ .

Вираз (2.3) являється правомірним для очистки турбулентним потоком ( $Re = 2 \cdot 10^3 \div 10^4$ ), коли коефіцієнт опору сферичної частинці становить  $c_x = const = 0,4$ .

Із виразу (2.3) також випливає, що для відриву частинці визначаючим являється швидкість потоку рідини.

При деяких швидкісних потоках мийного середовища спостерігається зміщення і початковий рух частинць, який буде нестійкий. Частинці отримують коливальний рух, та відокремлюються від поверхонь деталі, стрибковим переміщенням біля поверхні. При визначених значеннях вони можуть знову осісти на поверхні деталі або перейти в потік до взвішаного стану.

Значення локальної швидкості розчину в області відділення частинок від поверхні деталі дорівнює певній середній швидкості мийного середовища, яка називається швидкістю сепарації. Розрахунок процесу відриву частинць і зводиться до визначення цієї швидкості в залежності від розміру частинць.

В зв'язку різницями в обтіканні частинць, які суттєво відрізняються розмірами, не бачиться можливим знайти загальну формулу для визначення швидкості відриву частинці. Рекомендується розглядати наступні випадки, в залежності від співвідношення розміру частинць  $d_p$  і товщини пограничного шару  $\delta$ : при  $d_p < \delta/3$ , коли частинця скрита в товщині ламінарного пограничного шару і режим її обтікання плавний, ламінарний; при  $d_p > 5\delta$  коли частинця виступає із пограничного шару і знаходиться під дією шарів рідини, що інтенсивно рухаються, в результаті чого її обтікання проходить з виникненням і зривом вихрів; проміжний випадок характеризується ламінарним обтіканням, але при цьому спостерігається відрив струй, який приводить до виникнення вихрів.

Для деяких частиць, розмір яких більше товщини ламінарного пограничного шару  $\delta$ , швидкість потоку, що відповідає моменту відриву частиці, може бути визначена за виразом:

$$v_o = \sqrt{\left(\frac{\rho_u}{\rho_{жс}} - 1\right) \frac{g d_u}{\psi}}, \quad (2.4)$$

де  $v_o$  - швидкість рідини, на початок відриву частиці,  $м/с$ ;

$\psi$  - загальний коефіцієнт опору, який включає опір тертя частиці по поверхні деталі при обтіканні її потоком;

$\rho_u, \rho_{жс}$  - відповідно щільність частиці і рідини,  $кг/м^3$ ;

$d_u$  - діаметр частиці,  $м$ .

Швидкість відриву частиць розміром від 0,25 до 1,5 мм можна визначити за формулою:

$$v_o = \frac{100R^{\frac{1}{8}}}{\sqrt{7,5 + R_e^{\frac{1}{4}}}}, \quad (2.5)$$

де  $R$  - гідравлічний радіус русла;

$R_e$  - число Рейнольдса.

Для визначення швидкості потоку, при якій проходить відрив частиць розміром менше 50 мкм, застосуємо наступний вираз:

$$v_o^2 = \frac{A_k}{d_u}, \quad (2.6)$$

де  $A_k$  - коефіцієнт, який враховує параметри потоку, властивості рідини і форму частиці.

При виводі формули (2.6) враховувалось, що сила ваги частинці набагато менше сили адгезії, тобто  $G \ll F_{ad}$ , тому величина сили тяжіння не враховувалась.

Для випадків коли сила адгезії не грає значної ролі в процесі відриву частинці від поверхні, тобто коли  $F_{ad} \ll G$ , що має місце в випадках відриву особливо крупних частиць, вираз (2.6) прийме вид :

$$v_o^2 = 0,523 \cdot d_q \cdot A_c \cdot \rho_{ж}, \quad (2.7)$$

У частиць розміром 250 – 500 мкм та більше, величина швидкості відривання пропорціональна  $\sqrt{d_q}$ . При знехтуванні силами адгезії ( $F_{ad} = 0$ ). Для частиць меншого розміру (< 250 мкм) швидкість відриву можна вважати пропорціональною розміру частиць  $d_q$ .

Залежність між місцевою швидкістю потоку, яка обтікає частинцю, і середньою швидкістю потоку можна представити виразом:

$$v_y = v_{cp} \cdot \left( \frac{y}{\delta} \right)^{\frac{1}{7}}, \quad (2.8)$$

де  $v_y$  - місцева швидкість потоку, яка обтікає частинцю, м/с ;

$v_{cp}$  - середня швидкість потоку рідини, м/с ;

$y$  - відстань від стінки трубопроводу до точки, де визначається  $v_y$ ,

$(y = \frac{d_q}{2})$ ;

$\delta$  - товщина ламінарного підшару.

Середня швидкість потоку, яка необхідна для відриву частиць, зростає з зменшенням їх розміру. При швидкості, яка більше  $1,3v_o$  спостерігається масовий відрив частиць і створюються гідродинамічні умови для їх

вивішування за рахунок не симетричного обтікання частинок потоком, створюючи за ним зони відриву потоку, в яких виникають турбулентні вихрі.

Результати аналітичних досліджень дії сил на абразивну частинку, що сприяють процесу відриву, взвішування і транспортування частиць забруднень потоком рідини, в сукупності показали, що при швидкості робочої рідини більше  $1,3v_0$  спостерігається масовий відрив частинок і створюються гідродинамічні умови для їх вивішування, за рахунок не симетричного обтікання частинок потоком, створюючи за ним зони відриву потоку, в яких виникають турбулентні вихрі.

## 2.2 Фізико-хімічні особливості взаємодії оброблюваних деталей і робочого середовища при віброабразивному очищенні

Процес вібраційного очищення характеризується широким спектром механічних, фізичних і хімічних явищ через різноманітність оброблюваних середовищ і технологічних рідин.

При вивченні розглянутого процесу важливим є контактна взаємодія елементів очищаного середовища і об'єкта очищення - локальний контакт (сліди взаємодії, очищення) і їх інтегральні прояви, результат деформаційних процесів і мікрорізки.

Аналіз явищ, що відбуваються в зоні зіткнення частинок робочого середовища і поверхні заготовки, показує, що під дією вібрації відбувається ударний контакт абразивних гранул з поверхнею заготовки. В цьому випадку абразивні гранули виштовхуються на оброблювану поверхню, так як слабо пов'язані між собою виступаючими частинками. Абразивні гранули розрізняються за станом, шорсткості, формою, розміром і розташуванню їх активних частинок в робочій камері, в результаті чого на характер механічного контакту з оброблюваною поверхнею діють різні нормальні сили.



Контакт абразивних гранул з оброблюваною поверхнею залежить від сили контакту  $P$ , кількості і стану активних частинок, їх фіксованого рівня, розмірів, а також фізико-механічних властивостей матеріалу деталі і т.д.[10].

Очищення проявляється в складному процесі взаємодії забруднюючих речовин з технологічними рідинами для очищення. Основою очищення є процес фізико-хімічної адсорбції, змочуваності, емульгування, спінування і стабілізації.

Коли тверда речовина контактує з технологічною рідиною, тверда речовина має прикордонний шар на своїй поверхні, а її молекули нестійкі з рідким середовищем. Таким чином, прикордонний шар має надмірну кількість вільної енергії або адсорбційну активність. Надлишок вільної енергії визначає поверхневу енергію або натяг.

Полярність поверхнево-активної речовини (ПАР) обумовлена структурою молекул, що складаються з 2 частин з різними властивостями: 1 частина молекули є гідрофобною (водовідштовхувальною) і підтримує розчинення поверхнево-активної речовини в олії, а інша – гідрофільна і сприяє розчиненню (ПАР) у воді (рис.2.3) [11].

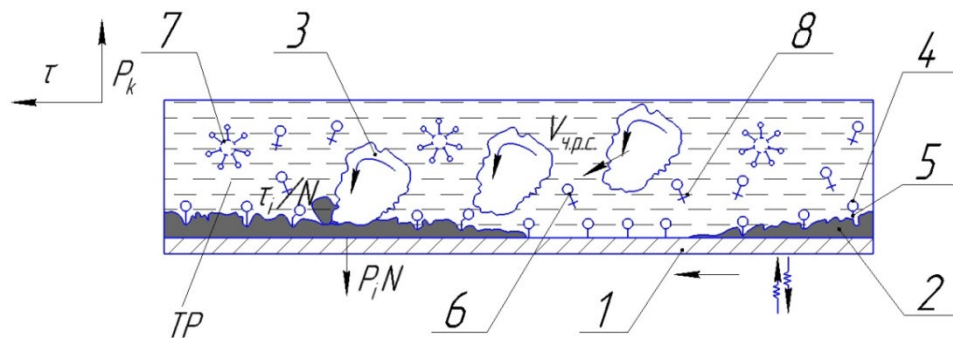


Рисунок 2.3 - Взаємодія абразивних частинок, рідких і твердих забруднених речовин на поверхні деталі: 1 - очищення поверхні виробу; 2- забруднення; 3-робоче середовище; 4-гідрофільна частина молекули ПАР; 5-гідрофобна частина молекули ПАР (радикал); 6-перевід забрудненої частини до розчину; 7-розчин, стабілізує забруднені частинки; 8-одсорбція молекул ПАР

Важливою умовою вібраційного очищення забруднених поверхонь є комплексний вплив фізико-хімічних і механічних факторів на забруднення, що видаляються.

Наприклад, для очищення забруднених поверхонь сільськогосподарської техніки використовуються 3 основних типи реагентів: 1) органічні розчинники і розчинно-емульгуючі засоби; 2) кислотні розчини; 3) синтетичні миючі засоби.

Дія технологічної рідини полягає у видаленні поверхневих домішок при одночастному регенеруванні мийного розчину. Цей процес можна проілюструвати у вигляді замкнутого контуру, який показано на (рис. 2.4).

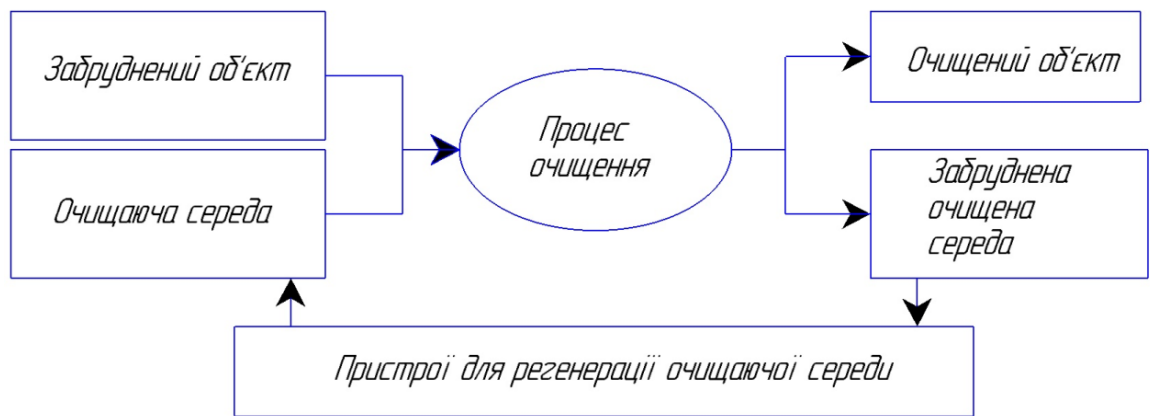


Рисунок 2.4 – Замкнута схема очищення забруднених об'єктів

Дія технологічної рідини проявляється в складній взаємодії забруднюючих речовин з очисним середовищем і поверхнею забрудненого об'єкта. В процесі очищення вібраційним способом отримують очищені предмети і забруднене чистяче середовище, що є метою регенерації для економії матеріальних ресурсів і захисту навколишнього середовища.

Вибір способу очищення і складу технологічної рідини залежить від багатьох факторів: виду забруднень, необхідного класу очищення поверхні, впливу ТР на поверхневий матеріал, ступеня механізації обладнання для миття, вимог санітарної гігієни та економічних.

На швидкість очищення впливають наступні основні фактори: характер забруднення (хімічний склад, міцність і реологічні властивості); кількість домішок (початкове забруднення поверхні, допустима кількість домішок на поверхні після очищення, вимога рівномірного розподілу залишкових домішок по поверхні); види поверхні (матеріал, шорсткість, розмір і склад поверхні); чистяче середовище (склад технічної рідини, концентрація, температура); характеристики та параметри взаємодії між чистячим середовищем і поверхнею об'єкта очищення; кількість рідини, яку потрібно влити до очисної ванни.

### 2.3 Шляхи інтенсифікації процесу вібраційної очистки деталей

Основними параметрами, що характеризують процес вібраційної очистки деталей, є характер руху частинок робочої камери і робочого середовища, їх швидкість і прискорення, сила мікроудару, контактний тиск, напруга і температура в робочій камері. Інтенсивність обробки можна регулювати, змінюючи рівень рідини в робочій камері.

Чисельні значення зазначених параметрів наступні: швидкість частинок середовища може досягати  $0,5-1$  м/с, прискорення -  $20-150$  м/с, сила мікроударів  $1,5-3$  кгс, контактний тиск  $700-1500$  кгс/мм, середня температура в робочій камері не перевищує  $30-40$  °С.

Принципова схема установки для очищення деталей вібраційним очищенням показана на (рис. 2.5).

Під час обробки робоча камера створює когерентну (або близьку до неї) вібрацію, точки якої рухаються по орбіті у вигляді кола або еліпса. Частинки робочого середовища рухаються разом з робочою камерою протягом кожного періоду вібрації її частини, протягом якого їх траєкторії і швидкості збігаються або дуже близькі. Потім частинки середовища відриваються від стінок робочої камери через різницю в їх швидкості і прискоренні, після чого частинки середовища вільно переміщуються (політ).

У цій частині коливального циклу траєкторія руху частинок в навколишньому середовищі складна і невизначена.

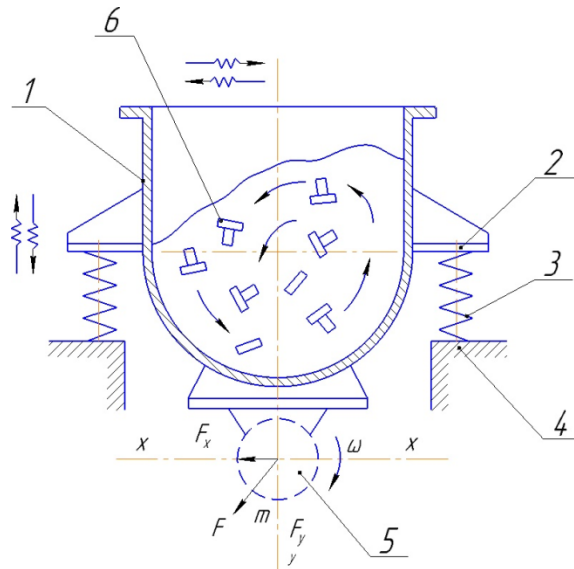


Рисунок 2.5 – Принципова схема установки для очищення деталей вібраційним способом: 1 - робоча камера; 2 - платформа; 3 - пружини; 4 - основа; 5 - вібратор; 6 - деталь.

Під час кожного періоду вібрації робоче середовище відділяється (відскакує) від стінки робочої камери, відбувається його періодичне стиснення і розпушення, рух частинок робочого середовища на певній ділянці циклу.

Аналізуючи кількісні характеристики цих параметрів, можна відзначити, що амплітуда коливань в більшості випадків коливається в межах 0,5-5 мм. Набагато рідше вона досягає 7-8 мм. Тільки деякі різновиди, наприклад, схема віброабразивного очищення з жорсткими кінематичними зв'язками, допускають вібрацію з максимальною амплітудою 5-10 мм при відносно низьких частотах вібрації (від 15 до 20 Гц). Частота вібрації для основного вібраційного контуру абразивного очищення досягає 15-50 Гц.

Швидкість зіткнення часток середовища і оброблюваних деталей досягає  $0,5 - 1 \text{ м/с}$ , її можна визначити за відомим виразом [8]:

$$V_{ч.р.с} = V_{р.к.} \cdot K_v, \quad K_v = a^t \approx 0,9877^t \quad (2.9)$$

де  $V_{ч.р.с}$  - швидкість зіткнення частинок робочого середовища;

$V_{р.к.}$  - швидкість переміщення точки робочої камери;

$K_v$  - коефіцієнт втрати швидкості;

$a$  - емпіричний коефіцієнт;

$t$  - час, с;

$l$  - відстань від стінки робочої камери до розглянутої точки (частки середовища).

$$V_{р.к.} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}, \quad (2.10)$$

Величини  $V_x$  і  $V_y$  відповідно визначаються

$$V_x = A_x \cdot \omega \sin \omega t; \quad V_y = A_y \cdot \omega \cos \omega t, \quad (2.11)$$

де  $A_x$  і  $A_y$  - значення амплітуди коливань в координатах  $X$  і  $Y$ ;

$\omega$  - кутова частота коливань.

При траєкторії руху по колу

$$V_{р.к.} = A \cdot \omega; \quad V_{р.к.} \approx \frac{An}{10}; \quad \omega \approx 2 \cdot \pi \cdot f = \frac{2\pi n}{60} \approx \frac{n}{10}; \quad (2.12)$$

де  $A$  та  $\omega$  - відповідно амплітуда, і кутова частота коливань;

Прискорення тіл, що зтикаються при вібраційному очищенні можуть досягати  $15 - 150 \text{ м/с}^2$  і визначаються за виразом:

$$a_x = A_x \cdot \omega^2 \cdot \cos \omega t, \quad (2.13)$$

$$a_y = -A_y \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t, \quad (2.14)$$

Сила контакту між частинками середовища і оброблюваними деталями вважається загальним параметром процесу вібраційного очищення (ВО). Для їх визначення були запропоновані відносно складні (громіздкі) рівняння. Значення контактної сили необхідно для подальших технічних і проектних розрахунків (розрахунок контактної тиску, розмір пластичного відбитка і глибина наклепу, глибина проникнення абразивної гранули і т.д.).

Для її розрахунку використаємо вирази [10]:

при обробленні нерухомих деталей

$$F_3 = 6 \cdot V_{ч.п.с.} \sqrt{\frac{m_1 \cdot \sigma_s \cdot R_{ш} \cdot k_m \cdot k_g}{k_2} \left(1 - \frac{3}{8} k_\xi\right)}, \quad (2.15)$$

при обробці вільно завантажених деталей

$$F_6 = 6 \cdot V_{ч.п.с.} \sqrt{\frac{m_1 \cdot \sigma_s \cdot R_{ш} \cdot k_m \cdot k_g}{k_2} \cdot B}, \quad (2.16)$$

де  $m_1$  - приведена маса частинок середовища;

$V_{ч.п.с.}$  - швидкість зіткнення, м/с;

$R_{ш}$  - радіус сфери, мм;

$\sigma_s$  - межа плинності матеріалу оброблюваної деталі;

$k_\xi$  - коефіцієнт відновлення;

$k_2, k_m, k_g$  - емпіричні коефіцієнти, що характеризують відповідно: повторні удари частинок в одне місце, одночасність дії частинок середовища, демпфуючі властивості середовища при зіткненні;

$B$  - коефіцієнт, що визначає кількість енергії зіткнення, яка йде на пружний відскік і на переміщення вільно завантаженої деталі.

Для визначення енергії зіткнення, застосуємо відомий вираз:

$$E_y \approx \frac{HB \cdot d^2}{6D_k}, \quad (2.17)$$

де  $HB$  - твердість матеріалу деталі;

$d$  - діаметр пластичного відбитка;

$D_k$  - діаметр кулі (сфери).

Контактні тиски в зоні зіткнення характеризуються рівнянням:

$$P_{g \max} = \sigma_{\max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{F}{\pi \cdot a \cdot b}, \quad (2.18)$$

де  $F$  - сила зіткнення;

$a$  і  $b$  - розміри півосей контактної площадки;

Для визначення розмірів півосей контактної площадки можуть бути використані наступні загальні вирази [8]:

$$\begin{cases} a = \nu_1 \left[ \frac{3}{8} \frac{F}{\sum \rho} (\nu_1 + \nu_2) \right]^{1/3} \\ b = \nu_2 \left[ \frac{3}{8} \frac{F}{\sum \rho} (\nu_1 + \nu_2) \right]^{1/3} \end{cases}, \quad (2.19)$$

де  $\nu_1$  і  $\nu_2$  - коефіцієнти еластичності, що характеризують пружні властивості матеріалу тіл, що співударяються;

$\sum \rho$  - сума величин, зворотних радіусів головної кривизни поверхонь, що контактують.

При вібраційній обробці найбільш характерним є зіткнення сферичної поверхні з площиною, коли,  $a = b$ . У цьому випадку формула для визначення розмірів півосей площадки відпечатка спрощується і набуває вигляду:

$$a = 0,0677 \cdot (F \cdot d_k)^{1/3}, \quad (2.20)$$

де  $d_k$  - діаметр кулі (частки середовища) .

Основна регулярність процесу характеризує вплив режиму обробки, характеристик обробного середовища на продуктивність і міцність процесу, а також якість оброблюваної поверхні. Найбільш значний вплив на міцність і продуктивність процесу надає енергія контакту між частинками і оброблюваною деталлю. Вона визначається режимом коливань (амплітудою і частотою) і масою частинок середовища. Аналогічний вплив надає підвищений тиск в робочій камері.

Зі збільшенням тиску інтенсивність процесу збільшується. При очищенні від забруднень вібраційної очищенням важливі властивості технічної рідини. В цьому випадку розчинник емульгується з рештою домішками і перенесенням їх в розчин, що забезпечує необхідну якість очищення.

Окалина і корозія відносяться до групи твердих забруднень. Для їх видалення може бути рекомендована формула:

$$Q = N_g \cdot q_z \cdot S_g \cdot t \cdot k_{mp} \cdot k_m, \quad (2.21)$$

де  $N_g$  - дійсне число мікроударів;

$q_z$  - кількість забруднень, видалених за один удар гранули;

$S_g$  - площа поверхні деталі;

$t$  - тривалість обробки в хв;

$k_{mp}$  і  $k_m$  - відповідно коефіцієнти, що враховують вплив технічної рідини на зняття твердих забруднень і виду матеріалу, що видаляється (окалина, корозія, нагар і т.д.).

На ефективність очищення деталей гідравлічних машин віброабразивним очищенням впливають параметри вібрації установки



(амплітуда і частота вібрації), розмір наповнювача і його гранул, ступінь завантаження мийної камери, об'ємне співвідношення чистячих деталей і абразивів, тип розчину і фізико-хімічні властивості розчинів.

Висновок по розділу.

1. Результати аналітичних досліджень впливу сил на абразивні частинки, що сприяють процесу відриву, завішування і транспортування забруднених частинок потоком рідини, свідчать про те, що при швидкості робочого тіла  $1,3v_0$  спостерігається масований відрив частинок і створюються гідродинамічні умови для їх завішування, за рахунок не симетричного обтікання частиць потоком, що створює зони відриву потоку, в яких виникають турбулентні вихрі.

2. Вибір способу очищення і складу технологічної рідини залежить від багатьох чинників: виду забруднення, необхідного класу чистоти поверхні, впливу ТР на матеріал поверхні, наявності обладнання для миття його конструкції і ступеня механізації, санітарно-гігієнічних і економічних вимог.

3. На ефективність віброабразивної очистки деталей гідромашин впливають такі фактори: параметри коливань установки (амплітуда і частота коливань), матеріал наповнювача і розмір його гранул, ступінь завантаження робочої камери і об'ємне співвідношення очищаючих деталей і абразиву, типу розчину і його фізико-хімічні властивості.

4. Для віброабразивного очищення деталей кількісні оцінки оптимальних параметрів для амплітуди коливань змінюється в межах 0,5 - 5 мм., частота коливань для основної схеми віброабразивного очищення досягає 15-50 Гц.

### 3. МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1 Загальні програма і методики досліджень

Залежно від поставлених цілей програма експериментальних досліджень включає:

1. Виявити види забруднень аксіально-поршневих гідромашин в умовах експлуатації та сервісних підприємств.
2. Визначити концентрацію мийних розчинів та режими очистки корпусних деталей аксіально-поршневих гідромашин.
3. Обґрунтувати технологічні параметри для очистки деталей віброабразивним способом.

Загальна методика емпіричних досліджень передбачала проведення вхідного контролю аксіально-поршневих агрегатів, які поступають до ремонту, для виявлення виду забруднень агрегатів і деталей.

Часні методики досліджень передбачали визначення оптимальних режимів та очисних середовищ для інтенсифікації очистки корпусних деталей аксіально-поршневих гідромашин, а також розроблення лабораторної установки для віброабразивної очистки деталей та обґрунтування технологічних параметрів для ефективної очистки деталей.

#### 3.2 Методика визначення забруднення аксіально-поршневих агрегатів при вхідному контролі на ремонт

Перевірці підлягали аксіально-поршневі гідроагрегати, гідронасос НП - 90 і гідромотор МП- 90, які є компонентами двох агрегатних гідростатичних трансмісій. У агрегатів спочатку візуально, на зовнішній поверхні корпусу агрегату, визначалась наявність забруднень. Потім вони очищувалися в ваннах і проходили повторний огляд на наявність корозійних забруднень. Контроль забруднень виконувався фотографуванням та обробкою поверхонь ультрафіолетовими променями.

Після очищення гідравлічну машину розбирали і проводили контроль робочих поверхонь деталей качаючих вузлів. У корпусних деталях оглядалися картерні ємкості гідронасоса і гідромотора і виявлялась наявність абразивних частинок в тупикових каналах та в технологічних закругленнях.

Деталі качаючих вузлів гідромашин (блок, плунжер, розподільник, приставне дно, опора люльки, похила шайба, сферична втулка та ін.) також перевіряються на наявність абразивних забруднень, слідів корозії, кусочків резини, залишків фарби, текстильні волокна, та ін.

Для більш точної оцінки внутрішньої забрудненості гідравлічних агрегатів, з їх корпусів відбирались залишки робочої рідини і проводилась її перевірка на наявність абразивних забруднень.

Для визначення кількостної наявності абразиву в технічних мастилах та їх розміру, застосовується засіб який включає програмний, апаратний та спектральний блоки. Схематично засіб показано на (рис. 3.1).

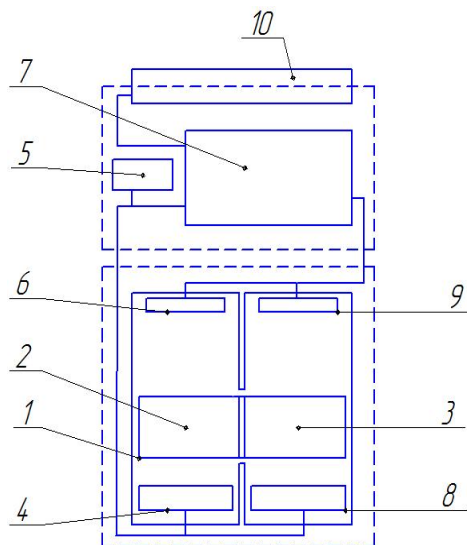


Рис. 3.1 – Схематичний склад пристрою: 1 – ванна; 2, 3 – колби; 4 – випромінювач; 5 – живильник; 6 – приймальник - ПЗС; 7 - комп'ютерний блок; 8 - діоди; 9 - інфрачервоні фотодіоди; 10 – екран пристрою

Експлуатується засіб за таким алгоритмом: масло наливається у ванну 1, що вміщує 2 склянки під мастило 2 і 3, і встановлюється на пристрій, де

фізично визначається кількість частинок забруднення. Випромінювач 4, що живиться від живильника 5, оброблює мастило інфрачервоним променем, яке проходить фіксацію приймачем 6, розташованим над ємністю 2. Потім фотоприймач 6 надсилає інформацію на Комп'ютер Raspberry Pi 7, який використовує програмне забезпечення для аналізу даних.

Після отримання цифрового файлу у вигляді фотографії кюветки з мастилом (рис. 3.2), електронний програмний модуль аналізує отриману фотографію, переводячи її в бінарний код і аналізує всі знайдені частинки за допомогою тіньового методу.

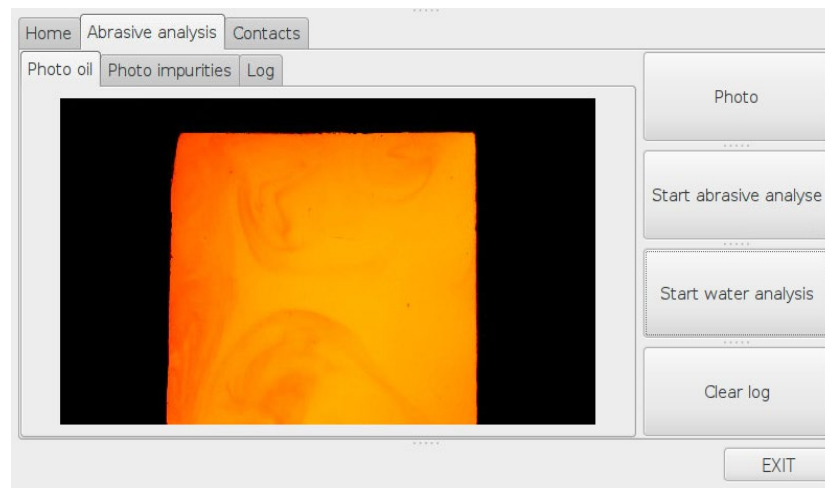


Рис. 3.2 – Фото вікна мастила

Проаналізувавши розмір затемнених точок, проходить їх обробка на інтервали згідно закладеної базової інформації. Обчислений інтервал перетворюється відповідно до стандартних класів. Результат дається відповідно до найвищого значення стандартного класу. Після аналізу пристрій забезпечує відображення результатів у вигляді конвертованих стандартів (DSTU і ISO) і графічний аналіз по світловим плямам, які є абразивними частинками.

Загальний вигляд пристрою контролю робочої рідини на наявність абразивних домішок і домішок води наводиться на (рис.3.3).

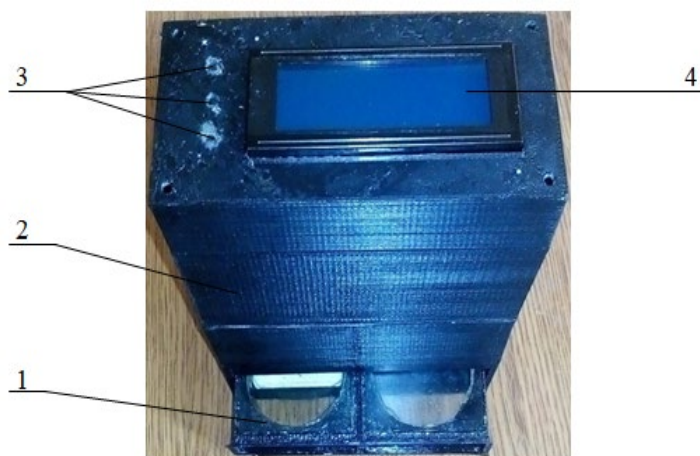


Рис. 3.3 – Зовнішній вид приладу для контролю робочої рідини на наявність абразивних і водяних домішок: 1 – масляні колби; 2 – основа; 3 – пульт; 4 – монітор LCD2004

Пристрій є портативним, що дозволяє контролювати робочу рідину в експлуатаційних і лабораторних умовах. Робоча рідина перевіряється за наявністю: абразивних домішок згідно ДСТУ 17216-2001 і європейським стандартом ISO 1638; наявність водних домішок за відсотками до 1 мл. Пристрій, виготовлений з міні-комп'ютера, управляється за допомогою 3-х апаратних і програмних кнопок.

Після його включення на екрані з'явиться меню. Використовуючи функцію, визначену оператором (аналіз масла на наявність абразивних домішок або домішок води), програмні та апаратні компоненти можуть аналізувати масло відповідно до зазначеної функції.

### 3.3 Методика визначення концентрації очищувальної рідини для миття корпусних деталей

Беручи до уваги вагу, габаритні розміри і складний внутрішній рельєф картерних поверхонь гідравлічних аксіально-поршневих гідромашин для їх миття на спеціалізованих сервісних центрах застосовуються ванни з зануреними струменями.

Для очищення корпусних деталей були підібрані мийні розчини, які наведені в (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Характеристики миючих розчинів

| № з/п | Компоненти розчину | Концентрація, г/л | Час миття деталей забруднених мастилом | Оптимальна температура, °С |
|-------|--------------------|-------------------|--|----------------------------|
| 1     | Каустична сода     | 60                | 40                                     | 70-80                      |
| 2     | Кальцинована сода  | 60                | -                                      | -                          |
|       | Тринатрійфосфат    | 20                | 60                                     | 70-80                      |
|       | Рідке скло         | 3                 | -                                      | -                          |
| 3     | Кальцинована сода  | 60                | -                                      | -                          |
|       | Тринатрійфосфат    | 20                | 50                                     | 65-75                      |
|       | ОП-7               | 4                 | -                                      | -                          |
| 4     | Кальцинована сода  | 20                | -                                      | -                          |
|       | Тринатрійфосфат    | 10                | 3                                      | 50-60                      |
|       | ДС-РАС             | 15                | -                                      | -                          |
| 5     | Кальцинована сода  | 20                | -                                      | -                          |
|       | Тринатрійфосфат    | 10                | 2                                      | 40-60                      |
|       | Сульфонал НП-1     | 2                 |  |                            |

Для оцінки якості очищення використовувався метод люмінесценції зразка при опроміненні ультрафіолетом, намокання і завішуванням. Суть методу світіння полягає в тому, що при опроміненні ультрафіолетом кожна забруднена речовина має свій характерний колір, який відрізняється від кольору поверхні чистого зразка. Опромінення проводили люмінесцентною лампою ДРШ-250. Ступінь очищаючої дії розчину (ступінь очищення) оцінювали по відношенню площі промитої частини зразка до його загальної поверхні за формулою:

$$C_m = \frac{F_r}{F_3}, \quad (3.1)$$

$C_m$  - ступінь очистки, %;

$F_r$  - очищена площа зразка,  $см/м^2$ ;

$F_3$  - загальна площа зразка,  $см/м^2$ .

Значення площі очищення розраховували з використанням скляних пластинок, які мають масштабну сітку. Прийнята методика дозволила отримати об'єктивний показник якості очищення.

Досліджувався вплив на миючу спроможність каустичної та кальцинованої соди таких речовин: тринатрію фосфату, силікату натрію, ОП-7, сульфанолю НП-1 та ДС-РАС. Основною метою цього дослідження було визначити критичну концентрацію та кількість інгредієнтів, присутніх у чистячому розчині.

### 3.4 Установка для віброабразивної очистки деталей

Суть методу очищення віброабразивною очисткою полягає в тому, що очищається деталь і гранульований абразив поміщаються разом з технологічною рідиною в ємність, в якій буде подаватися гармонійна вібрація певної амплітуди і частоти.

Необхідною умовою для віброабразивної очистки є перевищення максимального прискорення вібрації до прискорення вільного падіння очищуваних деталей і наповнювачів. Якщо ця умова не виконана, деталь і технологічна рідина будуть переміщатися разом з ємністю як одне ціле, тобто відносного переміщення не буде.

У зв'язку з цим для створення оптимального прискорення гармонійної вібрації, в віброустановці використовується вібраційний гідроциліндр для створення гідроімпульсного приводу, принципова схема якої наведена на (рис. 3.4).

Гідравлічний імпульсний привід експериментального вібраційного обладнання з одновісним вібраційним покриттям включає насос 1 постійної ємності типу NSh-50-2A, запобіжник 2 – (g52 – 2), регуляторний витратомір 3 марки (PG-55-24), 2-позиційний кран 4 ручного керування, фільтруючий вузол 5, прилад контролю тиску 11, який підключений при допомозі крана 12 до напірної магістралі.

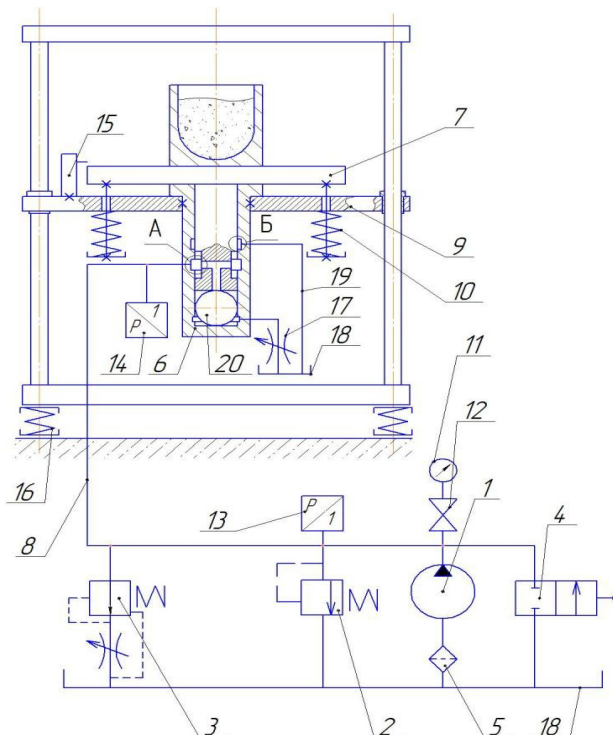


Рис. 3.4 – Принципова гідро кінематична схема експериментальної вібраційної установки: 1- насос NSH-50-2А; 2 – запобіжний клапан; 3 – регулятор потоку; 4 – розподільник; 5 – фільтр; 6 - вібраційний гідроциліндр; 7 – вібраційний стіл; 8,19 – магістраль; 9 – станина; 10 – пружини; 11 – манометр; 12 – кран; 13,14 – датчики тиску; 15 – датчик переміщення; 16 – віброізолятори; 17 – дросель; 18 – бак

Крім того, приводний пристрій містить гідравлічний циліндр 6 з вертикальною вібрацією, поршень якого з'єднаний з вібраційним столом 7. Робоча порожнина вібраційного гідроциліндра А з'єднана з насосною станцією по гідравлічній лінії 8. Дренажна порожнина Б вібраційного гідроциліндра з'єднана з резервуаром 18 протокою 19. Інша частина рідини, що створена кулькою 20 і внутрішнім отвором гідроциліндра 6, витісняється з дросельної заслінки 17 в резервуар 18. Вібраційний стіл 7 навантажений пружиною 10, а станина 9 встановлена на віброізоляційних подушках 16. Для управління режимом роботи установки використовувалися два датчика тиску 13, 14 і датчик індуктивного зміщення 15.

На рис 3.5 представлена експериментальна вібраційна установка з одновісним вібраційним навантаженням.





Рис. 3.5 – Установка з просторовим вібраційним навантаженням

Установка для вібраційного абразивного процесу відповідає загальним вимогам для вібраційних машин, які забезпечують оптимальні умови для середнього вібраційного процесу: Конструкція вібромашини передбачає можливість зміни параметрів вібрації робочої камери в робочому режимі та враховує основні характеристики процесу вібраційного абразивного процесу.

### 3.5 Методика визначення шорсткості поверхні очищеної деталі

Одним з основних параметрів, використовуваних для визначення якості очищення деталей віброабразивним очищенням, є шорсткість поверхні, що очищається. Шорсткість поверхні очищених деталей визначали за допомогою профілометра моделі 296 з цифровим дисплеєм та індуктивного перетворювача (рис.3.6).



Рис. 3.6 – Профілометр модель 296

Шорсткість поверхні оцінюється по нерівностях профілю, отриманих при перерізі фактичної поверхні площинами.

В умовах сервісних підприємств найчастіше використовуються, для визначення шорсткості поверхні щупові прилади, які працюють за принципом оцупування поверхні алмазною голкою.

У цю групу приладів входять профілометр, який безпосередньо показує середнє арифметичне відхилення профілю  $R_a$ , і профілограф, що реєструє профіль поверхні.

Рекомендується використовувати параметри  $R_a$  при встановленні вимог до шорсткості поверхні. Цей параметр слід використовувати у всіх випадках, коли контроль шорсткості можна контролювати на профілометрі. Параметри  $R_z$  слід використовувати, якщо поверхню важко обробляти через невеликий розмір поверхні і якщо поверхня має мікронерівності, що перевищують межу вимірювання профілометра.

Площинні деталі (розподільник, дно приставне, опора люльки, поверхня п'яти плунжера та ін.) перед вимірюванням необхідно встановлювати на повір очні плити. При вимірюванні плунжера необхідно застосовувати для його базування технологічні призми, які також встановлюються на плиту, поверхня якої паралельна поверхні призми з похибкою не більше  $0,5^\circ$ . Значення шорсткості зчитується з числового дисплея.

Висновки по розділу.

1. Запропонований спосіб визначення забруднення робочої рідини в корпусі аксіально-поршневої гідромашини може бути реалізований як в ремонтному цеху, так і в умовах експлуатації.

2. Розроблена схема установки віброабразивного миття деталей може застосовуватися в очисних машинах віброабразивного типу для підприємств, що займаються технічним сервісом гідроагрегатів.

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕМПІРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 4.1 Результати забрудненості аксіально-поршневих гідромашин

Контроль надходження ремонтного фонду показує, що у 82% аксіально-поршневих гідравлічних машин зовнішня поверхня корпусу частково забруднена дорожнім пилом, змішаної з мастилом, у 8% гідравлічних машин на корпусі видно сліди корозії.

Після розбирання гідроагрегатів в 14% відсотків деталей наблюдається корозійне зношення. Корозії зазнають такі деталі, як плунжера та опори люльки (рис.4.1,4,2).

Після демонтажу гідроагрегатів в 14% деталей (плунжер, опора люльки та ін.) качаючих вузлів спостерігається корозійний знос (рис. 4.1, 4,2).



Рис. 4.1 – Корозійний знос плунжерів



Рис 4.2 – Корозійний знос люльки

Наявність слідів корозійного зношення деталей качаючих вузлів пояснюється експлуатацією агрегатів на робочих рідинах з домішками води, а також їх зберіганням з розгерметизованими отварами в корпусах гідромашин, що обумовило контакт вологого повітря з деталями в

У внутрішній порожнині корпусів в 7% агрегатів міститься значна кількість металевих (абразивних) частинок. У таблиці 4.1 показані результати забруднення проб робочої рідини, взятих з корпусу гідравлічної машини.

Таблиця 4.1 – Гранулометричний склад забруднень робочих оливо

| № з/п | Наробіток, год | Склад забруднень, % (мас) | Число частин забруднень, (шт./см <sup>3</sup> )*10 <sup>-3</sup> , в границях розмірів, мкм |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|----------------|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |                |                           | 1-5   | 5-10  | 10-15 | 15-20 | 20-25 | 25-30 | 30-35 | 35-40 | 40-45 | 45-50 | 50-55 |
| 1     | 600            | 0,02                      | 1608  | 167   | 14,4  | 19,6  | 5,8   | 2,6   | 2,3   | 2,8   | 0,17  | 0,05  | 0,34  |
| 2     | 800            | 0,06                      | 1904  | 334   | 16,1  | 18,4  | 6,3   | 4,3   | 2,6   | 3,2   | 0,03  | 0,05  | 0,43  |
| 3     | 1025           | 0,08                      | 5423  | 126   | 80,8  | 7,5   | 2,9   | 1,7   | 2,8   | 1,4   | 0,03  | 0,03  | 0,12  |
| 4     | 600            | 0,04                      | 982   | 191,6 | 93,3  | 13,8  | 4,0   | 0,96  | 0,58  | 2,3   | 0,04  | 0,04  | 0,21  |
| 5     | 800            | 0,08                      | 126,9   | 253,9 | 23,8  | 19,4  | 4,6   | 3,2   | 1,9   | 3,4   | 0,06  | 0,11  | 0,12  |
| 6     | 610            | 0,07                      | 311   | 34,6  | 26,9  | 17,3  | 9,6   | 4,6   | 0,35  | 0,46  | 0,02  | 0,03  | 0,25  |
| 7     | 909            | 0,08                      | 280   | 30,8  | 17,3  | 11,5  | 9,6   | 6,6   | 0,66  | 0,66  | 0,24  | -     | 0,25  |
| 8     | 974            | 0,096                     | 288   | 43    | 21,1  | 3,8   | 3,8   | 5,8   | 0,77  | 0,38  | 0,33  | 0,02  | 0,92  |
| 9     | 710            | 0,072                     | 357   | 15    | 4,4   | 4,6   | 3,4   | 1,3   | 0,58  | 0,7   | 1,01  | 0,05  | 2,74  |
| 10    | 909            | 0,08                      | 182   | 43    | 4,4   | 2,6   | 1,7   | 1,6   | 0,9   | 1,04  | 0,3   | 0,04  | 0,34  |
| 11    | 700            | 0,044                     | 210   | 21    | 13,5  | 13,5  | 1,2   | 0,8   | 0,7   | 0,67  | 0,3   | 0,19  | 0,03  |
| 12    | 800            | 0,076                     | 328   | 69    | 7,5   | 7,5   | 3,5   | 1,3   | 0,9   | 0,6   | 0,46  | 0,35  | 0,07  |
| 13    | 999            | 0,08                      | 242   | 14,4  | 7,7   | 6,7   | 1,9   | 0,3   | 0,1   | -     | -     | -     | 0,02  |
| 14    | 825            | 0,064                     | 1942  | 173   | 69,2  | 20,2  | 6,9   | 2,7   | 3,5   | 1,9   | 1,35  | 1,9   | 1,15  |
| 15    | 1005           | 0,10                      | 2089  | 103,9 | 57,7  | 20,2  | 80,2  | 1,4   | 0,6   | 0,35  | 0,23  | 0,23  | 0,23  |

Отримані результати між напрацюванням гідростатичної трансмісії та масовим вмістом забруднень робочої оливи в них показали на лінійний характер функціональної залежності, що наглядно підтверджується на (рис.4.3). Зростанням забруднення рідини, за ваговим складом абразивних частин, пояснюється порушенням герметизації головного та дренажного контурів гідроприводу, а також постійними процесами зношення деталей спряжень, які обумовлюють додаткову появу абразивних частин, що в цілому впливає на клас чистоти оливи.

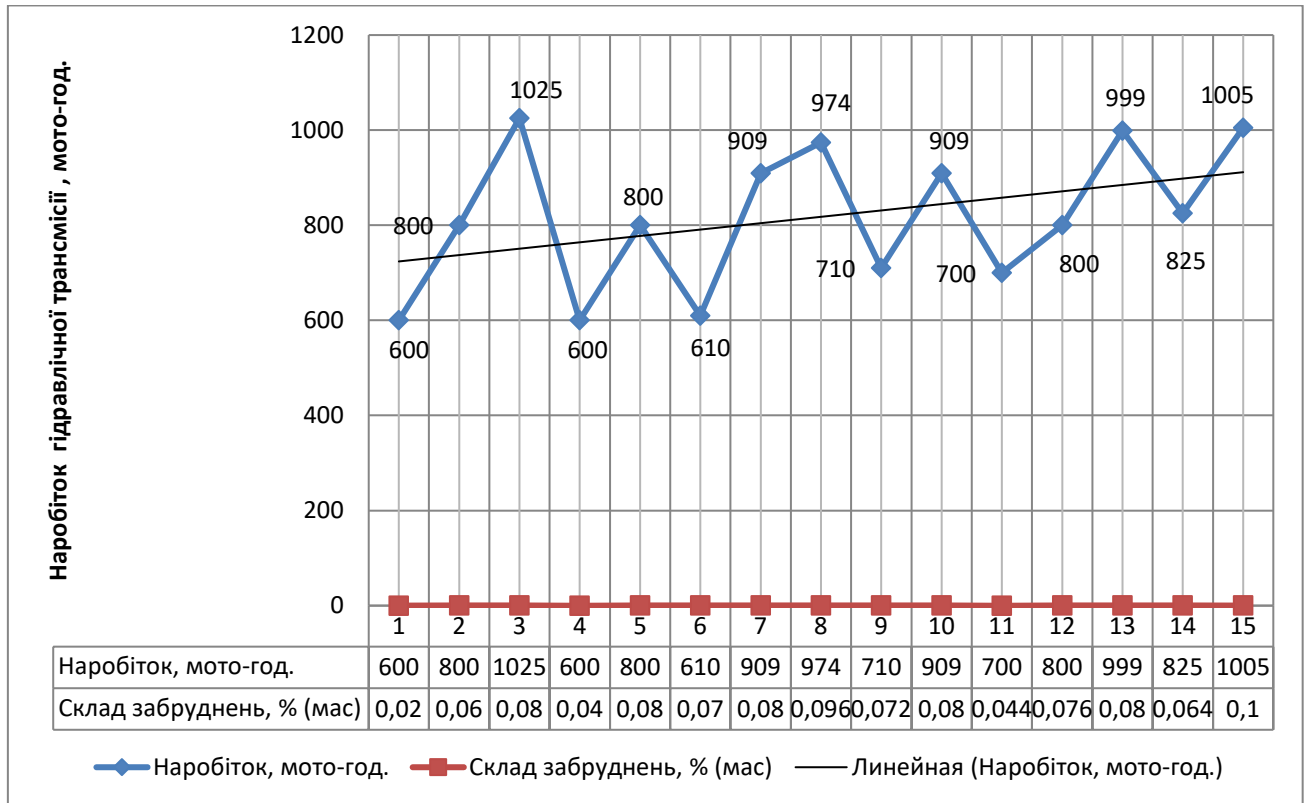


Рис. 4.3 – Лінійна залежність між напрацюванням гідроприводу та забрудненістю робочої оливи

Забруднення робочої оливи по масі, для взятих проб знаходиться в інтервалі 0,02...0,10 %, що вказує на роботу аксіально-поршневих гідромашин на робочих рідинах, які не відповідають 10-му класу чистоти рідини для гідравлічних трансмісій, які працюють при високих тисках та значних експлуатаційних навантаженнях.

У той же час розмір частинок забруднюючих речовин сильно коливається в залежності від групи розмірів, кількість частинок в різних діапазонах розмірів може збільшуватися або зменшуватися в міру їх напрацювання, що пояснюється їх частковою фільтрацією, в той же час відбувається генерація забруднення у робочій рідині в результаті проникнення його ззовні, а також дроблення великих частинок і транспортування дрібних частинок.

Незважаючи на відсутність закономірностей зміни гранульованого складу домішок в робочій рідині при роботі гідросистеми, проведені

дослідження підтверджують наявність в робочій рідині великої кількості частинок домішок, пропорційних розміру зазору з'єднаних вузлів гідросистеми. Про це свідчить недостатня ефективність фільтрів, встановлених в цій системі, тонкість яких не перевищує 40 мікрон.

#### 4.2 Результати з визначення концентрації очисної рідини

Лужні розчини на основі каустичної і кальцинованої соди використовувалися в якості основи для чистячих розчинів, заснованих на технічних і економічних стандартах.

Відомо, що очищаюча здатність розчину залежить від його здатності вловлювати домішки і утворювати з ними емульсію. Для посилення емульгування розчину необхідно знизити поверхневий натяг і збільшити роботи з розділення і подрібнення домішок. Цього можна досягти, ввівши в розчин поверхнево-активну речовину, нагріваючи її та перемішуючи.

Результати впливу поверхнево-активної речовини (ОП – 7) на час промивання в розчині, що містить критичні концентрації кальцинованої соди і тринатрійфосфату, та температуру очисного середовища 75 °С представлені в таблиці 4.2 і наведені на (рис. 4.4).

Таблиця 4.2 – Тривалість очистки від концентрації препарату ОП-7

| № з/п | Концентрація каустичної соди, г/л | Концентрація кальцинованої соди, г/л | Концентрація ОП-7, г/л | Температура розчину, °С | Час очистки, хв. |
|-------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|
| 1     | 60                                | 20                                   | 1,0                    | 75,0                    | 88,0             |
| 2     | 60                                | 20                                   | 2,0                    | 75,0                    | 79,0             |
| 3     | 60                                | 20                                   | 3,0                    | 75,0                    | 70,0             |
| 4     | 60                                | 20                                   | 4,0                    | 75,0                    | 61,0             |
| 5     | 60                                | 20                                   | 5,0                    | 75,0                    | 59,0             |

Дослідження, проведені з кальцинованої каустичною содою, показали, що однокомпонентні розчини володіють низькими миючими властивостями. Додавання ОП-7 до лужних розчинів збільшує промивну здатність і скорочує час промивання.

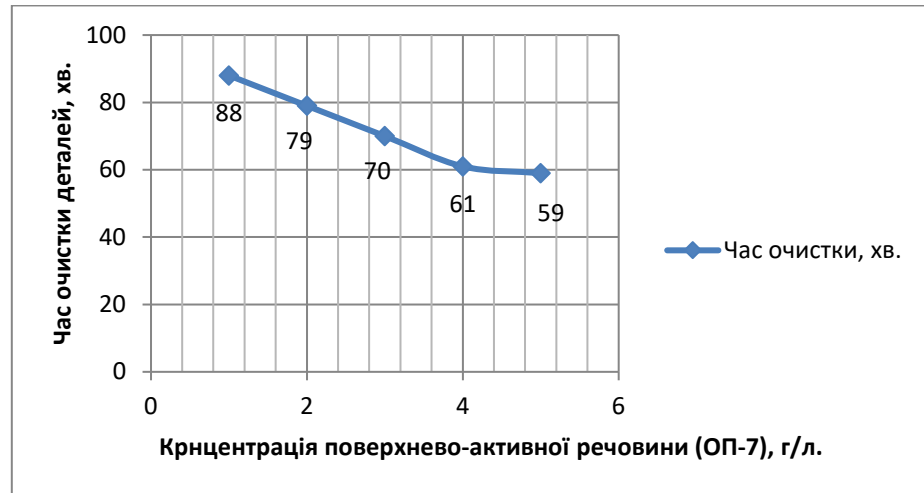


Рис. 4.4 – Вплив концентрації поверхнево-активних речовин (ОП-7) на час очищення деталей, забруднених трансмісійним мастилом (МГЕ-46В)

Аналіз результатів показує, що оптимальна концентрація поверхнево-активної речовини (ОП-7) знаходиться в інтервалі 3-5 г/л. Час миття деталей забруднених трансмісійною робочою рідиною для даного інтервалу концентрації становить від 70 хв. до 60 хв. Тобто зі збільшенням концентрації поверхнево-активної речовини (ОП-7) з 3 г/л до 5 г/л час очищення деталей скорочується на 14,3%.

Розчини миючих засобів, що показані в (табл. 4.3), були використані для вивчення впливу температури розчину на час очищення деталей, забруднених трансмісійним маслом (МГЕ-46В).

Таблиця 4.3 – Вплив температури розчину на тривалість очищення деталі

| № з/п | Компоненти розчину | Концентрація, г/л | Час миття деталей забруднених мастилом, хв. | Температура, °С |
|-------|--------------------|-------------------|---|-----------------|
| 1     | Кальцинована сода  | 60                | 38,0  | 30              |
|       |                    |                   | 25,0  | 40              |
|       | Тринатрійфосфат    | 20                | 14,0  | 50              |
|       |                    |                   | 6,0   | 60              |
|       |                    |                   | 5,0   | 70              |
| ОП-7  | 4                  | 4,0               | 80  |                 |
|       |                    | 38                | 60  |                 |
| 2     | Каустична сода     | 60                | 27  | 70              |
|       |                    |                   | 25  | 80              |

Результати досліджень впливу температури розчину на тривалість миття деталей графічно представлені на (рис. 4.5).

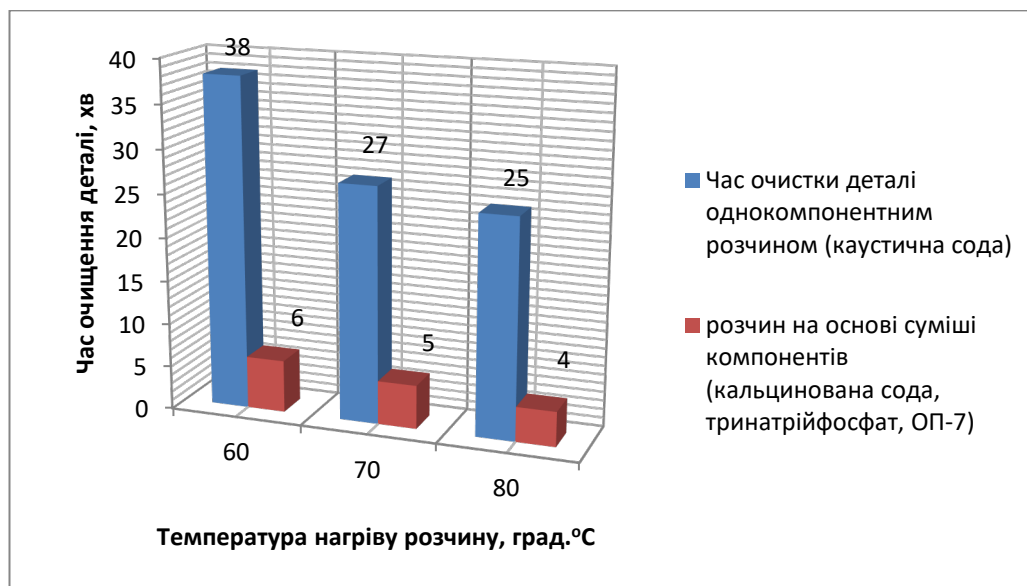


Рис. 4.5 – Вплив температури розчину на тривалість миття деталей, забруднених трансмісійним мастилом (МГЕ-46В)

Аналіз результатів (табл.4.3) показує, що однокомпонентний мийний розчин на основі каустичної соди при її концентрації 60 г/л і зміні його нагрівання від 60 °C до 80 °C забезпечує якісну очистку деталей відповідно за 38 хв. і 25 хв. При температурі розчину 80 °C час очистки скорочується на 34 % по відношенню до температури 60 °C.

Водночас для багатокомпонентного розчину на основі суміші компонентів (кальцинована сода, тринатрійфосфат, ОП-7) при температурі його нагріву 60 °C, час очистки деталі дорівнює 6,0 хв, що майже на 84 % менше в порівнянні з однокомпонентним розчином. Порівняльна оцінка часу очистки деталей для температури розчинів 80 °C показала, що тривалість очистки деталі багатокомпонентним розчином також менше на 84 %, що вказує на ефективність використання багатокомпонентного розчину при температурах його нагріву 60 °C.



### 4.3 Результати віброабразивної очистки деталей

Експериментальні дослідження параметрів режиму очистки деталей віброабразивним способом проводились на спеціальній установці за наступними режимами: амплітуда коливань змінюється в межах 0,5 - 5 мм.; частота коливань для основної схеми віброабразивного очищення досягає 15-50 Гц; як обробне середовище використовувались шліфувальні зерна, абразивні гранули відносно невеликих розмірів (1-2 мм).

Проводились дослідження з виявлення зміни шорсткості поверхні та вагового зняття металу, від тривалості обробки, у таких деталей: плунжер, виготовлений із матеріалу Сталь ШХ 15 (HRC 40 ... 42); розподільник – матеріал Сталь 45 (HRC 42 ... 45); блок циліндрів – матеріал Сталь 45 (HB 170 ... 190). Результати отриманих досліджень представлені в (табл.4.4).

Таблиця 4.4 - Показники зміни шорсткості і вагового зняття металу від тривалості очистки деталей

| Назва деталі, матеріал                      | Час очистки, с | Шорсткість поверхні, R <sub>a</sub> , мкм | Вагове зняття металу, г |
|---|----------------|---|-------------------------|
| Плунжер, Сталь ШХ 15<br>(HRC 40 ... 42)     | 0              | 0,42                                      | 0,02                    |
|   | 100            | 0,17                                      | 0,08                    |
|   | 200            | 0,14                                      | 0,12                    |
|   | 300            | 0,12                                      | 0,15                    |
|   | 400            | 0,11                                      | 0,18                    |
|   | 500            | 0,10                                      | 0,20                    |
| Розподільник, Сталь 45<br>(HRC 42...45)     | 0              | 0,53                                      | 0,05                    |
|   | 100            | 0,30                                      | 0,12                    |
|   | 200            | 0,20                                      | 0,18                    |
|   | 300            | 0,16                                      | 0,23                    |
|   | 400            | 0,15                                      | 0,28                    |
|   | 500            | 0,15                                      | 0,35                    |
| Блок циліндрів, Сталь 45<br>(HB 170...190). | 0              | 0,70                                      | 0,09                    |
|   | 100            | 0,38                                      | 0,21                    |
|   | 200            | 0,30                                      | 0,30                    |
|   | 300            | 0,21                                      | 0,36                    |
|   | 400            | 0,19                                      | -                       |
|   | 500            | 0,18                                      | -                       |

Аналіз результатів представлених в (табл.4.4) показує, що зміна шорсткості поверхні плунжера проходить повільніше ніж у розподільника і

блока, що обумовлюється показниками твердості робочих поверхонь.

Більш наглядно порівняльна оцінка зміни шорсткості поверхонь та вагового зняття металу представлена відповідно на (рис. 4,6) та (рис. 4,8).

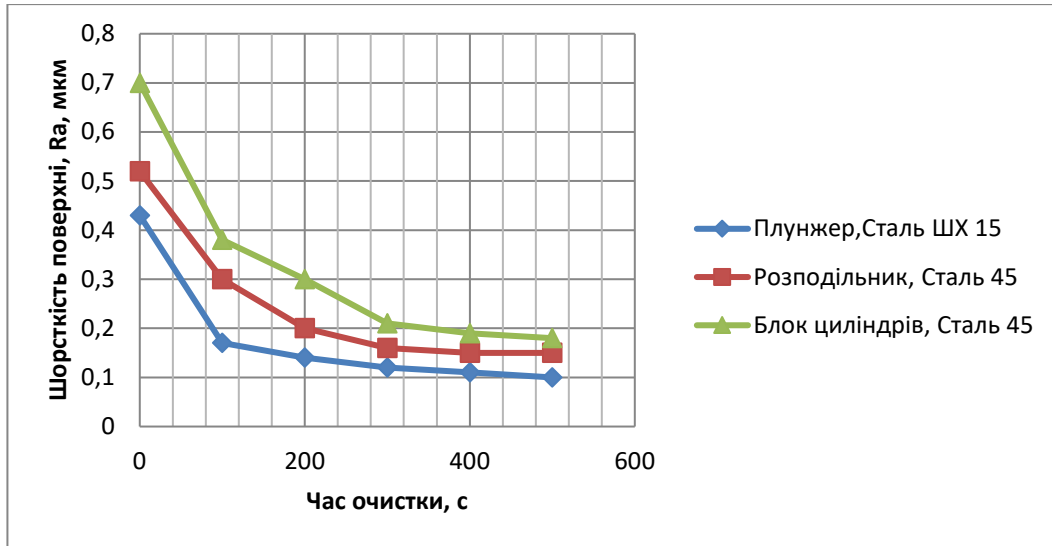


Рис. 4.7. - Зміна шорсткості поверхні ( $R_a$ ) від тривалості обробки

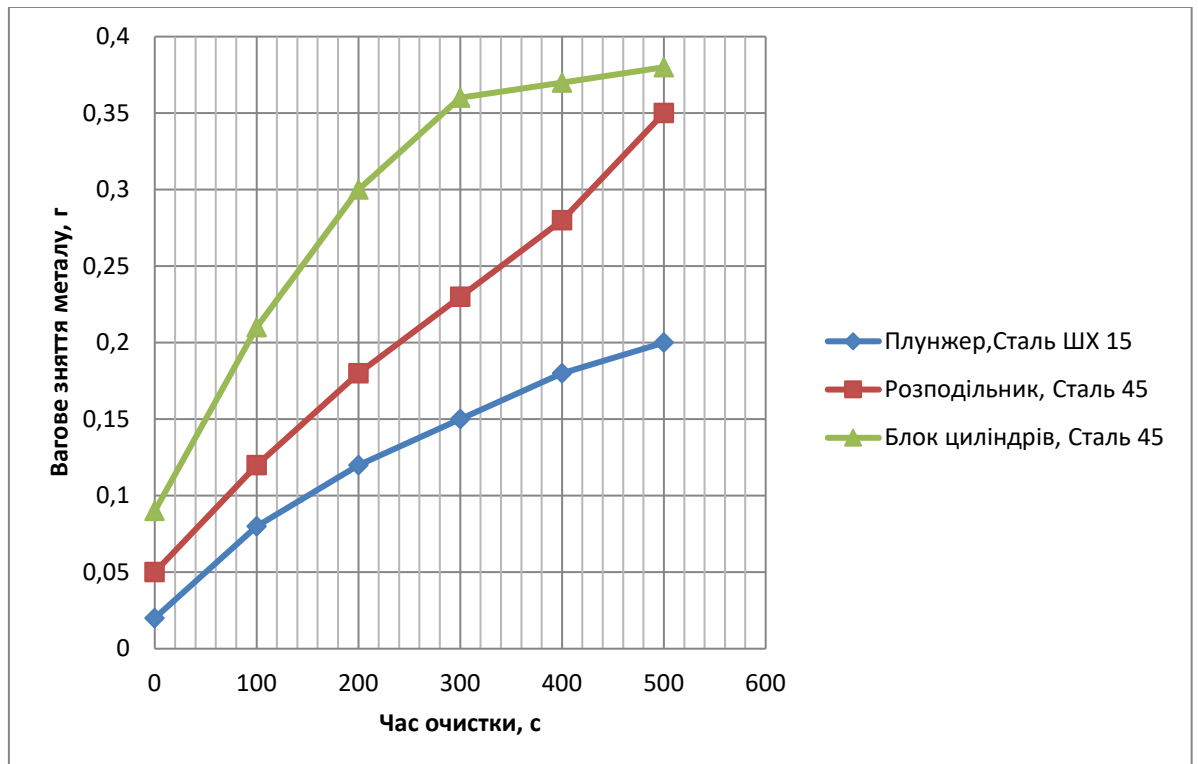


Рис. 4.8 - Зміна вагового зняття металу ( $Q$ ) від тривалості обробки

Аналіз графіків на (рис. 4.6) показує, що в початковий момент очищення у деталей проходить інтенсивна зміна шорсткості, так як виникає контакт між поверхнею деталі і технологічною рідиною, при якому видаляються забруднення з поверхні деталі і вершини мікронерівностей. При тривалості очищення 200 с. кут нахилу кривих значно зменшується, що вказує на стабілізацію процесу очищення і шорсткість поверхонь для даного часу знаходиться для всіх деталей в інтервалі  $0,14...0,30 R_a$ , мкм.

Даний висновок підтверджується графічним представленням вагового зняття металу (рис. 4.7). При тривалості очищення 200 с. кут нахилу кривих вагового зняття металу для таких деталей, як плунжер і розподільник також зменшується, а показник вагового зняття матеріалу для них знаходиться в інтервалі  $0,12...0,18$  г. Це обумовлюється тим, що показник твердості у даних деталей практично однаковий і вони відрізняються геометричною формою.

У розподільника даний показник більший тому, що в нього робоча поверхня виготовлена за високим класом чистоти поверхні, а не робоча поверхня, відповідає лише показникам твердості і площинності, що обумовлює більший показник вагового зняття металу. У плунжера, на відміну від розподільника, всі поверхні відповідають високому класу чистоти, так як працюють в прецизійній парі зі втулкою блоку.

#### 4.4 Структурний склад операцій багатостадійного очищення аксіально-поршневих гідромашин для сервісних підприємств

На спеціалізованих підприємствах, при відновленні аксіально-поршневих агрегатів, в більшій мірі застосовується не знеособлений метод ремонту, який характеризується застосуванням притиральних операцій для відновлення деталей. Вони, як правило, розбиваються на чорнову притирку та чистову. В процесі їх виконання на робочих поверхнях деталей закріплюються абразивні частини різного розміру (ефект шаржування), що в

подальшому буде негативно впливати на довговічність агрегатів в умовах експлуатації. Проведення мийно-очисних операцій для даних деталей після їх ремонту являється актуальним. Ефективність даних операцій забезпечується застосуванням віброабразивного способу очистки деталей з одночасним забезпеченням пульсації очищаючого середовища.

Для забезпечення якості складання гідравлічних агрегатів виникає потреба в організації додаткової операції очищення деталей перед їх складанням. Дана операція характеризується застосуванням різноманітних способів очищення, так як деталі мають різні геометричні форми та види забруднень (жирові та окисні плівки, абразивні частини та ін.).

Запропоновані операції очистки аксіально-поршневих гідравлічних агрегатів, для всього технологічного процесу їх ремонту, наведено на (рис. 4.9). Вони значно розширюють принципи багатостадійності мийно-очисних операцій, пронизуючи весь технологічний процес ремонту, починаючи від зовнішнього очищення до фарбування.

Впровадження мийно-очисних операцій в загальному технологічному процесі ремонту об'ємних агрегатів гідравлічних трансмісій, згідно (рис.4.8),

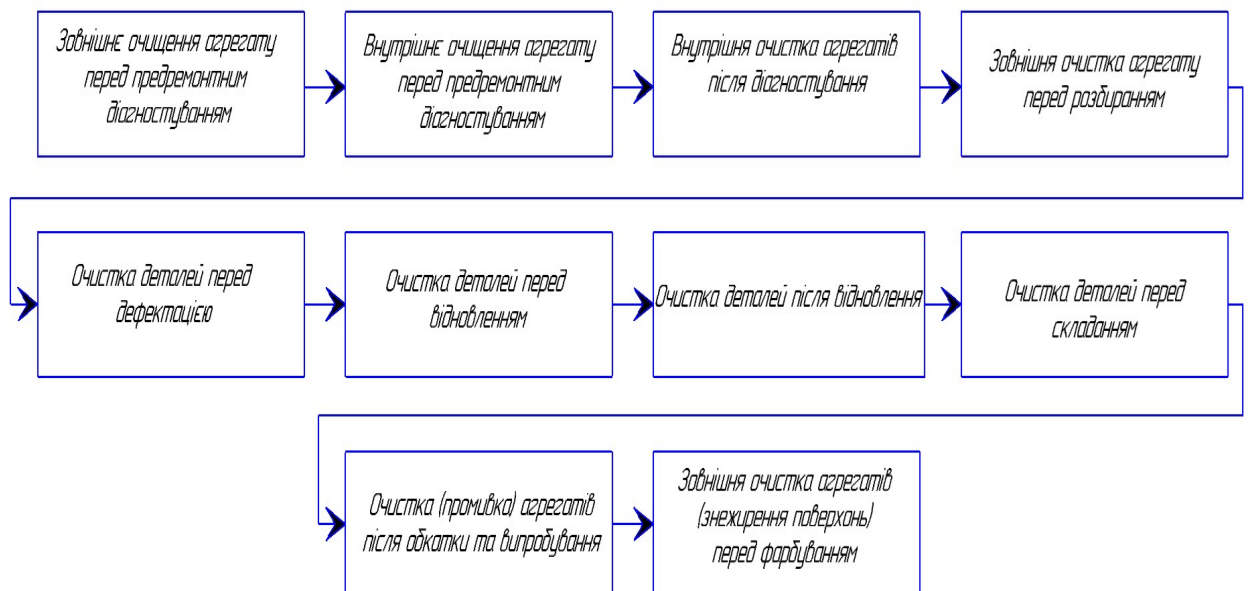


Рис. 4.8 - Рекомендована схема операцій багатостадійної очистки в технологічному процесі ремонту аксіально-поршневих гідравлічних агрегатів для спеціалізованих підприємств

дає можливість значно зменшити тривалість очистки агрегатів та їх складових, за рахунок забезпечення чистоти мийних розчинів, а також збільшити ресурс гідравлічних рідин, які застосовуються для проведення контрольно-випробувальних операцій. Наявність даних позитивних факторів вказує на ефективність мийно-очисних операцій технологічного процесу очистки аксіально-поршневих гідромашин, з точки зору їх маловідходності та ресурсозбереженості.

Висновки по розділу.

1. Контроль надходження ремонтного фонду показав, що у 82 % аксіально-поршневих гідромашин зовнішня поверхня корпусів забруднена дорожнім пилом, який частково змішаний з мастилом. У 8 % гідромашин на корпусах і у 14 % деталей качаючих вузлів спостерігаються сліди корозії.

2. Масовий вміст забруднень у пробах робочих рідин, взятих з корпусів гідромашин, підвищується в процесі експлуатації і значно перевищує норму 0,0032 % для робочих рідин 10-14 класу чистоти, які експлуатуються при робочому тиску 21,0 МПа, і знаходиться в інтервалі 0,02...0,10 %, що вказує на роботу аксіально-поршневих гідромашин на забрудненому мастилі.

3. Оптимальна концентрація поверхнево активної речовини (ОП-7) знаходиться в інтервалі 3-5 г/л. за якої час миття деталей забруднених трансмісійною робочою рідиною для даного інтервалу концентрації становить від 70 хв. до 60 хв. і скорочує час очистки деталей на 14,3%.

4. Для розчину з поверхнево активною речовиною ОП-7, при температурі 40 °С, спостерігається помітне скорочення часу на очистку деталі – 25 хв. і зі зростанням температури до 80 °С тривалість очистки становить 4 хв. В одночас при застосуванні однокомпонентного розчину (каустична сода), ефективна очистка починається при температурі 40 °С і досягає максимального ефекту – 25 хв. при температурі 80 °С., що вказує на вагомість температурного режиму розчину на тривалість процесу миття.

4. Однокомпонентний мийний розчин на основі каустичної соди при її концентрації 60 г/л і зміні його нагрівання від 60 °С до 80 °С забезпечує

якісну очистку деталей відповідно за 38 хв. і 25 хв. При температурі розчину 80 °С час очистки скорочується на 34 % по відношенню до 60 °С.

5. Для багатокomпонентного розчину на основі суміші елементів (кальцинована сода, тринатрійфосфат, ОП-7) при температурі його нагріву до 60 °С і концентрації поверхнево-активних речовин 4 г/л час очистки деталі дорівнює 6,0 хв, що майже на 84 % менше в порівнянні з однокомпонентним розчином.

6. При віброабразивному очищенні деталей в початковий момент проходить інтенсивна зміна шорсткості, яка починає стабілізуватися при тривалості очистки 200 с. і знаходиться для даного часу випробувань в інтервалі 0,14...0,30  $R_a$ , мкм, що вказує на можливість завершення очисних робіт.

7. При тривалості очистки 200 с. кут нахилу кривих вагового зняття металу для таких деталей, як плунжер і розподільник має менше значення в порівнянні з блоком, а величини вагового зняття матеріалу для них знаходиться в інтервалі 0,12...0,18 г., що обумовлюється показником твердості даних деталей.

8. Рекомендована схема операцій багатостадійної очистки в технологічному процесі ремонту аксіально-поршневих агрегатів для спеціалізованих підприємств дає можливість значно зменшити тривалість очистки агрегатів та їх складових, за рахунок забезпечення чистоти мийних розчинів, а також збільшити ресурс гідравлічних рідин, які застосовуються для проведення контрольних-випробувальних операцій, що вказує на ефективність мийно-очисних операцій з точки зору їх маловідходності та ресурсозбереженості.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НЕПЕРДБАЧЕНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Стан умов роботи та пожежної безпеки у спеціалізованій майстерні

Практична реалізація запропонованих заходів планується в ремонтній майстерні ТОВ «Солонянський Агротехсервіс» у відділенні, що спеціалізується з технічного сервісу агрегатів гідравлічної системи.

Спеціалізоване відділення розташоване в зоні капітального ремонту цеху. Майстерня спеціалізованого відділення оснащена необхідним основним і допоміжним обладнанням. Мийка ОМ-7359 для зовнішнього очищення агрегатів; стенд ОР-1959-11-14 для розбирання та збирання гідроагрегатів; стенд ОР-8488-01 для притирання деталей; стенд ОР-92303 для обкатки та випробування гідропередач; слюсарний стенд СС-1461-01А. Залежно від техніки виконання робіт, на дільниці є чотири робочих місця. На дільниці працює слюсар – ремонтник.

Розміщення обладнання в виробничому підрозділі, його площа та об'єм відповідають стандартним нормам на одного робітника згідно вимог.

На робочому місці встановлена загально обмінна припливно-витяжна вентиляція, яка забезпечує необхідний температурний режим і чистоту повітря у виробничому приміщенні відповідно до загальних санітарно-гігієнічних вимог.

Роботи у підрозділі можна віднести до категорії III відповідно до [12], для якої споживання енергії становить  $290 - 249 \text{ Вт}$  ( $251 - 300 \text{ ккал / год}$ ). Дана категорія включає працю, пов'язану з безперервним рухом, транспортування важких (більше 200 Н) навантажень, що вимагають значних фізичних зусиль. Наприклад, установка аксіально-поршневого гідромотора (вага - 35 кг.) на стенді для запуску і перевірки.

Параметри мікроклімату на ділянці представлені в таблиці 5.1 згідно з [12].

Табл. 5.1 – Стан кліматичних умов у робочих зонах спеціальних підрозділів

| Показник клімату            | В зимовий період            |           | В літній період             |           |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
|                             | Допустимі на робочому посту | ефективні | Допустимі на робочому посту | ефективні |
| Стан температури, °С        | 12-18                       | 13-17     | 18-24                       | 19-21     |
| Стан вологості, %           | 70                          | 60        | 65 для 22 <sup>0</sup> С    | 62        |
| Стан швидкості повітря, м/с | менше 0,55                  | 0,45      | 0,44-0,55                   | 0,45-0,48 |

Показники таблиці вказують, що основні показники кліматичних умов відповідають допустимим межам.

Виконання сервісних робіт по відношенню до агрегатів гідроприводів супроводжується появою фізичних і хімічних небезпечних факторів: при виконанні демонтажно-монтажних робіт падіння з обладнання для кантування гідропередач, падіння складових частин гідромашин (наприклад, живильних насосів, гідророзподільників, клапанних коробок, насосних агрегатів та ін.). Неєфективний захист рухомих частин випробувального стенду гідроагрегату; термічні фактори (загоряння під час зливу мастила з картера гідроагрегату; очищення (знежирення) деталей бензином або гасом); поява металевих осколків в деталях під час операцій пресування; наявність гострих кромки на деталях, вузлах, агрегатах, інструменті тощо).

Небезпечні виробничі фактори: пари гасу, бензину і миючих рідин в повітрі; шум і вібрація від роботи машин, механізованих стендів, інструментів і робочих агрегатів під час випробувань.

У табл. 5.2 показані фактичні і максимально допустимі концентрації небезпечних матеріалів на місці технічного обслуговування гідравлічної трансмісії. Аналіз показників, наведених у таблиці 5.2, підтверджує, що наявна концентрація речовин, що можуть нашкодити працюючим не перевищує граничні і допустимі значення [14].



Таблиця 5.2 – ГДК та виміряні значення шкідливих речовин у повітрі в зоні обслуговування гідропередачі

| Назва речовин                           | Гранична та допустима концентрація, $мг / м^3$ | Небезпечний клас | Наявний показник |
|---|--|------------------|------------------|
| Бензин для розчинення (у переводі до С) | 295  | 3-4              | 260              |
| Бензин паливний (у переводі до С)       | 100  | 3-4              | 87               |
| Гас (у переводі до С)                   | 295  | 3-4              | 220              |
| Олива мінеральна                        | 4,5-5  | 2-3              | 4,6              |
| Луг                                     | 2  | 2-3              | 1,9              |

Шум і вібрація виникають в зоні обслуговування гідравлічних трансмісійних агрегатів. Джерелами шуму та вібрації на дільниці є механічні стенди, інструменти, обладнання та гідроагрегати під час обкатки та випробувань. Якість діагностичних робіт на дільниці значною мірою залежить від наявності природного та штучного освітлення. Сонячне світло потрапляє через два дахові вікна в будівлі. На дільниці обслуговування гідравлічної трансмісії використовується люмінесцентне освітлення. Це пов'язано з тим, що воно забезпечує достатнє освітлення в ремонтній зоні і ефективно працює при перепадах температур.

Працівники відділів технічного обслуговування гідравлічних агрегатів відносяться до категорії працівників зорової роботи (середня точність). Мінімальна або ототожнююча величина розміру об'єкта ідентифікації становить від 0,5 мм до 1,0 мм. Стандартна норма освітленості для умов загального освітлення відповідає 200-225 люкс.. Нормоване сумарне значення індексу засліпленості -40, а коефіцієнт мерехтіння – 20%. Стандартна норма інтегрального показника природнього освітлення зверху та згрупованого виду відповідає 2,4 %, а освітленості з боку - 0,9%.

Згідно наведених показників видно, що умови праці в цехах і на постах дільниці з технічного сервісу гідроагрегатів відносяться до другої категорії «допускаємі», які характеризуються рівнем показників виробничих зон і трудового процесу, що відповідають встановленим гігієнічним нормам. Виробничі процеси на дільницях за станом вибухової, пожежно-вибухової та пожежної небезпеки відносяться до категорії «В – пожежна небезпека»

оскільки на ділянці знаходяться легкозаймисті, горючі та важкогорючі речовини і матеріали з питомою теплотою згоряння понад  $180 \text{ МДж/м}^2$  у окремих ділянках, що мають площу більше  $10 \text{ м}^2$ .

Робочі зони, що розташовані безпосередньо на ділянці з технічного обслуговування гідروпередач, за пожежною небезпекою відносяться до категорії П-1. Зовнішні стіни та внутрішні перегородки будівлі майстерні збудовані з червоної цегли. Ці матеріали є негорючими, тому будівля відноситься до негорючих класів П.

Займання паливно-мастильних матеріалів на ділянці можливе: під впливом електричних або механічних іскор, температурного впливу об'єктів, що нагрілись або прямого полум'я; займання електрообладнання за умови його перевантаження, перегріві або короткому замиканні ( $E$ ); за умови самостійного займання ганчір'я, що насичене мастилом (пожежа класом  $A$ ).

## 5.2 Дії щодо поліпшення стану праці

Дослідженнями планується удосконалення багатостадійного очищення в технологічних процесах ремонту аксіально-поршневих гідромашин. Для їх реалізації необхідно вдосконалити технічне оснащення ділянці з технічного сервісу гідроагрегатів.

З метою покращення умов праці слюсарів на робочих місцях ділянці та запобігання травматичних випадків, технічні стенди для зберігання ремонтного фонду (аксіально-поршневих гідромашин) повинні бути забезпечені спеціальними зажимами для утримання агрегатів, вузлів та деталей. На робочих місцях для очищення, обкатки та випробування гідроагрегатів рекомендується передбачати місцеву вентиляцію, а на робочих місцях для розбирання та складання гідроагрегатів, обкатки – підйомно-транспортні засоби.

Основне обладнання, що спричиняє вібрацію та шум під час роботи, необхідно встановити на гумових амортизаторах.

Трудомісткість монтажно-демонтажних робіт значно зменшиться завдяки розміщенню стелажів в робочих зонах, де розбираються та збираються агрегати.

Для попередження розвитку профзахворювань у робітників, вибухів та пожеж при застосуванні у якості знежирювача ксилолу, визначимо потрібний повітрообмін приміщення.

Визначимо об'єм парів розчинника, що випаровується, за формулою:

$$Q = 0,01 \cdot B \cdot C \cdot \frac{S}{n \cdot \tau} n, \quad (5.1)$$

де  $B$  – кількість вивітрю ванних компонентів, 80%;

$C$  – питома витрата розчинника, ( $C = 50 \text{ г} / \text{м}^2$ );

$S$  – площа оброблюваної поверхні, ( $S = 0,7 \text{ м}^2$ );

$n$  – кількість робітників;

$\tau$  - тривалість робіт, год.

Швидкість повітря в віконних прорізах приймемо ( $V_o = 0,4 \text{ м} / \text{с}$ ).

Гранично допустима концентрація (ГДК) для ксилолу становить ( $q = 50 \text{ мг} / \text{м}^3$ ).

Тоді

$$Q = 0,01 \cdot 80 \cdot 50 \frac{0,7}{2 \cdot 0,25} \cdot 2 = 112 \text{ г} / \text{год}.$$

Знаходимо нижню межу концентрації ксилолу при температурі 22°C:

$$C_{n,t} = 1 \cdot (1,02 - 0,0000029 \cdot 295) = 1,019 \% \text{ об}.$$

Гранично допустима вибухонебезпечна концентрація ксилолу визначиться:

$$\text{ГДВК} = \frac{1,019}{4} = 0,255 \% \text{ об}$$

Виразимо  $C_n$  через  $мг / л$ :

$$1 \% об = \frac{100 \cdot 9991,5}{831,396 \cdot 295} = 40,36 \text{ г} / \text{м}^3$$

$$0,255 \% об = 10,29 \text{ г} / \text{м}^3$$

Кількість повітря, яку необхідно подати в приміщення для забезпечення концентрації шкідливої речовини не більше ГДК, визначають за формулою:

$$L = 1,3 \frac{Q}{q}, \quad (5.2)$$

де  $q$  - ГДК шкідливої речовини,  $мг / м^3$ .

Визначаємо необхідний повітрообмін :

$$L_{ГДК} = 1,3 \frac{112}{10,29} = 14,2 \text{ м}^3 / \text{г}$$

$$L = 1,3 \frac{112}{0,05} = 2912 \text{ м}^3 / \text{г}$$

Кратність воздухообміну визначиться за виразом:

$$K = \frac{L}{V}, \quad (5.3)$$

де  $L$  – повітрообмін,  $м^3 / \text{г}$ ;

$V$  - об'єм приміщення,  $м^3$ , ( $V = 36 \text{ м}^3$ ).

Тоді

$$K_{ГДК} = \frac{14,2}{36} = 0,394 / \text{г}$$

$$K_{ПДК} = \frac{2912}{36} = 80,88 / \text{г}$$

Визначаємо час провітрювання протягом 1 години за виразом:

$$t_{np} = \frac{d \cdot L}{S_g \cdot V}, \quad (5.4)$$

де  $d$  - коефіцієнт для 1 години;

$S_g$  – площа вентиляційного отвору,  $m^2$ ;

$V$  - швидкість руху повітря,  $m / год$  ( $V = 1440 m / год$ ).

Для ГДВК

$$t_{np} = \frac{1 \cdot 14,2}{2(0,4 \cdot 0,4) \cdot 1440} = 0,031 \approx 1,86 \text{ хв.}$$

Для ГДК

$$t_{np} = \frac{1 \cdot 2912}{2(0,4 \cdot 0,4) \cdot 1440} = 6,3 \text{ год.}$$

Розрахунки показали, що для забезпечення вибухобезпеки праці при застосуванні розчинників для видалення жирових плівок на поверхнях агрегатів необхідно через кожну годину провітрювати приміщення, відкриваючи вікна на час, не менше ніж 1,86 хвилини. А для досягнення граничнодопустимої концентрації провітрювання повинно тривати не менше 6,3 години.

### 5.3 Дії у непередбачених ситуаціях в сервісному підрозділі

У майстернях з ремонту гідравлічних агрегатів під час виробничої діяльності можуть виникати аварійні ситуації.

За умови, коли трапляється пожежа наявні робочі повинні в першу чергу повідомити пожежну службу. В процесі повідомлення вказується адреса об'єкту, склад поверхів споруди, розміщення пожежі, обставини пожежі, присутність людей. Потім потрібно безпосередньо прийняти участь у

зменшенні пожежної безпеки, проводячи евакуацію працюючих, охороняти майно.

Обов'язково потрібно повідомити адміністрацію про надзвичайну ситуацію, а також в разі необхідності викликати інші аварійні та рятувальні підрозділи.

При виникненні ситуації, що загрожує життю, необхідно провести аварійно-рятувальні роботи (евакуацію) з використанням наявних сил і засобів.

Вивести з території, де створились небезпечні умови, робочих, що не задіяні в усуненні пожежної ситуації, і припинити роботи в будівлі, за винятком дій, направлених на усунення пожежі (якщо на це дозволяє виробничий процес).

Якщо причиною пожежі було замикання то необхідно вимкнути джерело струму та передбачити виконання інших дій, які дадуть можливість зменшити пожежу за об'ємом і відповідно задимлення приміщення виробничого підрозділу.

Проконтролювати дії робітників, які задіяні в усуненні пожежної ситуації, щодо виконання ними правил безпеки при пожежогашінні.

Аварійні ситуації можуть виникнути в результаті ураження електричним струмом при роботі з основним обладнанням. У цьому випадку спочатку потрібно знеструмити об'єкт. У разі легкого ураження електричним струмом слід використовувати аптечку першої допомоги. При сильних опіках необхідно викликати швидку допомогу.

На робочому місці в області парів шкідливих речовин у разі отруєння робочого, зайти до приміщення потрібно за наявності засобів захисту і провести заходи з забезпечення провітрювання приміщення. Потерпілого необхідно видалити з приміщення провести штучне дихання, при цьому, попередньо необхідно викликати швидку допомогу.

Про виникнення аварійної ситуації необхідно проінформувати керівників виробничого підрозділу та керівників підприємства.

Висновок по розділу.

Для забезпечення вибухобезпеки праці при застосування розчинників для видалення жирових плівок на поверхнях гідравлічних агрегатів необхідно через кожну годину провітрювати приміщення, відкриваючи вікна на час, не менше ніж 1,86 хвилини. А при досягнення граничнодопустимої концентрації провітрювання повинно тривати не менше 6,3 години.

## 6. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Економічна оцінка розраховується на основі розроблення заходів направлених на зменшення трудомісткості мийно-очисних операцій багатостадійної очистки аксіально-поршневих гідромашин та їх вузлів і деталей в технологічному процесі їх ремонту.

Для впровадження розробленої багатостадійної очистки в технології ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій, закуповується обладнання вартістю - 100000 грн. Визначення ефективності запропонованих технічних рішень визначаються слідуючими показниками:

1. Вартість об'єктів ремонту.

Розрахунок проводиться на основі річних програм:

$$B_p = \eta \cdot B_{OP}, \quad (6.1)$$

де  $\eta^B, \eta^П$  - існуюча та запропонована програми відповідно

( $\eta^B = 100$  од.,  $\eta^П = 180$  од.);

$B_{OP}$  - ремонт одиниці, грн. ( $B_{OP} = 4500$  грн.).

$$B_{ПР}^B = 100 \cdot 4500 = 450000 \text{ грн.},$$

$$B_{ПР}^П = 180 \cdot 4500 = 810000 \text{ грн}$$

2. Загальні виробничі витрати:

$$EB = ЗП + A + B_{ЕЛ} + B_{РЕМ} + IB, \quad (6.2)$$

де  $ЗП$  – заробіток з начисленням;

$A$  – амортизація;

$B_{ЕЛ}$  – витрати на електроенергію;



$B_{PEM}$  – витрати на сервісне обслуговування виробничого обладнання;

$IB$  – інші витрати.

Заробіток працівників:

$$ЗП = ЗП_{CP} \cdot K_{PP} \cdot 12 + ЗП_H, \quad (6.3)$$

де  $ЗП_{CP}$  - середня заробітна плата, грн. ( $ЗП_{CP}^B = ЗП_{CP}^П = 8700$  грн.);

$K_{PP}$  - кількісний склад працівників, ( $K_{PP}^B = 1$  чол.,  $K_{PP}^П = 2$  чол.);

$ЗП_H$  - нарахування, ( $ЗП_H = 0,22 \cdot ЗП$ ).

$$ЗП^B = 8700 \cdot 1 \cdot 12 = 104400 \text{ грн},$$

$$ЗП^П = 8700 \cdot 2 \cdot 12 = 208800 \text{ грн},$$

Нарахування на заробіток:

$$ЗП_H^B = 0,22 \cdot 104400 = 22968,0 \text{ грн}$$

$$ЗП_H^П = 0,22 \cdot 208800 = 45936,0 \text{ грн}$$

Загальний заробіток:

$$ЗП^B = 104400 + 22968,0 = 127368,0 \text{ грн},$$

$$ЗП^П = 208800 + 45936,0 = 254736,0 \text{ грн}$$

Амортизація на виробниче обладнання і споруду.

$$A_{OB} = \frac{B_{OB} \cdot H_A}{100}, \quad (6.4)$$

де  $B_{OB}$  – кошторис виробничого обладнання ( $B_{OB} = 205000$  грн, і  $B_{OB}^П = 100000$  грн.).

Загальна вартість обладнання:

$$B_{OB}^{\Pi} = B_{OB}^{\Pi} + B_{OB}^B = 100000 + 205000 = 305000 \text{ грн.}$$

$H_A$  - амортизаційні нарахування, % ( $H_A = 21,93\%$ ).

$$A_{OB}^B = \frac{205000 \cdot 21,93}{100} = 44956,5 \text{ грн.}$$

$$A_{OB}^{\Pi} = \frac{305000 \cdot 21,93}{100} = 66886,5 \text{ грн.}$$

На амортизацію споруди затрати визначаються:

$$A_B = \frac{B_B \cdot H_B}{100}, \quad (6.5)$$

де  $B_B$  – балансова вартість споруди, грн. ( $B_B = 1200000 \text{ грн.}$ );

$H_B$  – нормативний коефіцієнт, ( $H_B = 7,76\%$ ).

Тоді

$$A_B = \frac{1200000 \cdot 7,76}{100} = 93120,0 \text{ грн}$$

Сумарні амортизаційні відрахування:

$$A = A_{OB} + A_B, \quad (6.6)$$

Тоді

$$A^B = 44956,5 + 93120,0 = 138076,5 \text{ грн}$$

$$A^{\Pi} = 66886,5 + 93120 = 160006,5 \text{ грн}$$

## Витрати на електроенергію

$$B_{EЛ} = Q_{EЛ} \cdot Ц_{EЛ}, \quad (6.7)$$

де  $Q_{EЛ}$  - використання електроенергії,  $кВт/год.$

( $Q_{EЛ}^B = 12000$   $кВт/год.$ ,  $Q_{EЛ}^П = 18000$   $кВт/год.$ ),

$Ц_{EЛ}$  - вартість однієї  $кВт/год.$  ( $Ц_{EЛ} = 4,32$   $грн.$ )

$$B_{EЛ}^B = 12000 \cdot 4,32 = 51840,0 \text{ грн}$$

$$B_{EЛ}^П = 18000 \cdot 4,32 = 77760,0 \text{ грн},$$

Затрати на сервісне обслуговування виробничого обладнання:

$$B_{рем} = \frac{A \cdot 30}{100}, \quad (6.8)$$

Тоді

$$B_{рем}^{\sigma} = \frac{138076,5 \cdot 30}{100} = 41423,0 \text{ грн};$$

$$B_{рем}^{np} = \frac{160006,5 \cdot 30}{100} = 48002,0 \text{ грн}$$

Відсоток на інші затрати:

$$IB = \frac{(3П + A + B_{EЛ} + B_{PEM}) \cdot 5}{100}, \quad (6.9)$$

$$IB^{\delta} = \frac{(127368,0 + 138076,5 + 51840,0 + 41423,0) \cdot 5}{100} = 17935,4 \text{ грн}$$

$$IB^{np} = \frac{(284016 + 135632 + 77760 + 40689,6) \cdot 5}{100} = 27025,2 \text{ грн}$$

Загальні витрати:

$$EB^{\delta} = 127368,0 + 138076,5 + 51840,0 + 41423,0 + 17935,4 = 376642,9 \text{ грн}$$

$$EB^{np} = 284016 + 135632 + 90720 + 40689,6 + 27025,2 = 567529,7 \text{ грн}$$

3. Собівартість об'єктів ремонту:

$$ПС = EB \cdot 1,02, \quad (6.10)$$

$$ПС^{\delta} = 376642,9 \cdot 1,02 = 384175,8 \text{ грн}$$

$$ПС^{np} = 567529,7 \cdot 1,02 = 578880,3 \text{ грн},$$

4. Інтегральний прибуток ( $\Pi$ ):

$$\Pi = V_{\text{пр}} - ПС, \quad (6.11)$$

$$\Pi^{\delta} = 450000 - 384175,8 = 65824,2 \text{ грн},$$

$$\Pi^{np} = 810000 - 578880,3 = 231119,7 \text{ грн},$$

5. Збільшений прибуток:

$$\Delta\Pi = \Pi^{np} - \Pi^{\delta}, \quad (6.12)$$

$$\Delta\Pi = 231119,7 - 65824,2 = 165295,5 \text{ грн}$$

6. Час, за який окупляться матеріальні вкладення:

$$T_o = \frac{B}{ДП}, \quad (6.13)$$

$$T_o = \frac{3050000}{165295,5} \approx 1,8 \text{ роки},$$

Результати розрахунків показано в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Розрахункові показники ефективності

| Назва показника                                     | Існуючий<br>варіант | Запропонований<br>варіант |
|---|---------------------|---------------------------|
| Види роботи   | ремонт              | ремонт                    |
| Об'єм роботи, од.                                   | 100                 | 180                       |
| Склад працюючих, осіб.                              | 1                   | 2                         |
| Величини капіталовкладень, грн.                     | 205000              | 100000                    |
| Цехові витрати, всього, грн.                        | 376642,9            | 567529,7                  |
| - за робітня платня, грн.                           | 127368,0            | 254736,0                  |
| - амортизація, грн.                                 | 138076,5            | 160006,5                  |
| - електроенергія, грн.                              | 51840,0             | 77760,0                   |
| - сервісні витрати, грн.                            | 41423,0             | 48002,0                   |
| - витрати на покращення умов праці, грн.            | 17935,4             | 27025,2                   |
| Річна собівартість об'єктів ремонту, грн.           | 384175,8            | 578880,3                  |
| Сумарний прибуток, грн.                             | 65824,2             | 231119,7                  |
| Отриманий прибуток, грн.                            | -                   | 165295,5                  |
| Час, за який окупляться матеріальні вкладення, роки | -                   | 1,8                       |

Висновок. Розроблення технології ремонту об'ємних гідромашин з застосуванням багатостадійної їх очистки збільшило сумарний прибуток на 71,5% за рахунок зменшення трудомісткості мийних операцій, а час відшкодування матеріальних вкладень становить 1,8 роки, що вказує на ефективність запропонованих заходів.

## ВИСНОВКИ РОБОТИ

1. Результати аналітичних досліджень впливу сил на абразивні частинки, що сприяють процесу відриву, завішування і транспортування забруднених частинок потоком рідини, свідчать про те, що при швидкості робочого тіла  $1,3v_0$  спостерігається масований відрив частинок і створюються гідродинамічні умови для їх завішування, за рахунок не симетричного обтікання частиць потоком, що створює зони відриву потоку, в яких виникають турбулентні вихрі.

2. Вибір способу очищення і складу технологічної рідини залежить від багатьох чинників: виду забруднення, необхідного класу чистоти поверхні, впливу ТР на матеріал поверхні, наявності обладнання для миття його конструкції і ступеня механізації, санітарно-гігієнічних і економічних вимог.

3. На ефективність віброабразивної очистки деталей гідромашин впливають такі фактори: параметри коливань установки (амплітуда і частота коливань), матеріал наповнювача і розмір його гранул, ступінь завантаження робочої камери і об'ємне співвідношення очищаючих деталей і абразиву, типу розчину і його фізико-хімічні властивості.

4. Для віброабразивного очищення деталей кількісні оцінки оптимальних параметрів для амплітуди коливань змінюється в межах 0,5 - 5 мм., частота коливань для основної схеми віброабразивного очищення досягає 15-50 Гц.

5. Запропонований спосіб визначення забруднення робочої рідини в корпусі аксіально-поршневої гідромашини може бути реалізований як в ремонтному цеху, так і в умовах експлуатації.

6. Розроблена схема установки віброабразивного миття деталей може застосовуватися в очисних машинах віброабразивного типу для підприємств, що займаються технічним сервісом гідроагрегатів.

7. Контроль надходження ремонтного фонду показав, що у 82 % аксіально-поршневих гідромашин зовнішня поверхня корпусів забруднена

дорожнім пилом, який частково змішаний з мастилом. У 8 % гідромашин на корпусах і у 14 % деталей качаючих вузлів спостерігаються сліди корозії.

8. Масовий вміст забруднень у пробах робочих рідин, взятих з корпусів гідромашин, підвищується в процесі експлуатації і значно перевищує норму 0,0032 % для робочих рідин 10-14 класу чистоти, які експлуатуються при робочому тиску 21,0 МПа, і знаходиться в інтервалі 0,02...0,10 %, що вказує на роботу аксіально-поршневих гідромашин на забрудненому мастилі.

9. Оптимальна концентрація поверхнево активної речовини (ОП-7) знаходиться в інтервалі 3-5 г/л. за якої час миття деталей забруднених трансмісійною робочою рідиною для даного інтервалу концентрації становить від 70 хв. до 60 хв. і скорочує час очистки деталей на 14,3%.

10. Для розчину з поверхнево активною речовиною ОП-7, при температурі 40 °С, спостерігається помітне скорочення часу на очистку деталі – 25 хв. і зі зростанням температури до 80 °С тривалість очистки становить 4 хв. В одночас при застосуванні однокомпонентного розчину (каустична сода), ефективна очистка починається при температурі 40 °С і досягає максимального ефекту – 25 хв. при температурі 80 °С., що вказує на вагомість температурного режиму розчину на тривалість процесу миття.

11. Однокомпонентний мийний розчин на основі каустичної соди при її концентрації 60 г/л і зміні його нагрівання від 60 °С до 80 °С забезпечує якісну очистку деталей відповідно за 38 хв. і 25 хв. При температурі розчину 80 °С час очистки скорочується на 34 % по відношенню до 60 °С.

12. Для багатокомпонентного розчину на основі суміші елементів (кальцинована сода, тринатрійфосфат, ОП-7) при температурі його нагріву до 60 °С і концентрації поверхнево-активних речовин 4 г/л час очистки деталі дорівнює 6,0 хв, що майже на 84 % менше в порівнянні з однокомпонентним розчином.

13. При віброабразивному очищенні деталей в початковий момент проходить інтенсивна зміна шорсткості, яка починає стабілізуватися при тривалості очистки 200 с. і знаходиться для даного часу випробувань в

інтервалі  $0,14...0,30 R_a$ , мкм, що вказує на можливість завершення очисних робіт.

14. При тривалості очистки 200 с. кут нахилу кривих вагового зняття металу для таких деталей, як плунжер і розподільник має менше значення в порівнянні з блоком, а величини вагового зняття матеріалу для них знаходиться в інтервалі  $0,12...0,18$  г., що обумовлюється показником твердості даних деталей.

15. Рекомендована схема операцій багатостадійної очистки в технологічному процесі ремонту аксіально-поршневих агрегатів для спеціалізованих підприємств дає можливість значно зменшити тривалість очистки агрегатів та їх складових, за рахунок забезпечення чистоти мийних розчинів, а також збільшити ресурс гідравлічних рідин, які застосовуються для проведення контрольньо-випробувальних операцій, що вказує на ефективність мийно-очисних операцій з точки зору їх маловідходності та ресурсозбереженості.

16. Для забезпечення вибухобезпеки праці при застосування розчинників для видалення жирових плівок на поверхнях гідравлічних агрегатів необхідно через кожну годину провітрювати приміщення, відкриваючи вікна на час, не менше ніж 1,86 хвилини. А при досягнення граничнодопустимої концентрації провітрювання повинно тривати не менше 6,3 години.

17. Розроблення технології ремонту об'ємних гідромашин з застосуванням багатостадійної їх очистки збільшило сумарний прибуток на 71,5% за рахунок зменшення трудомісткості мийних операцій, а час відшкодування матеріальних вкладень становить 1,8 роки, що вказує на ефективність запропонованих заходів.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Мельянцов П. Т. Опыт ремонта гидропривода ГСТ-90 на ремонтных предприятиях [Текст] / П. Т. Мельянцов, Б. Г. Харченко, И. Г. Голубев. - М.: Госагропром СССР. АгроНИИТЭИИТО, 1989. 42 с.
2. Мельянцов П. Т. Обґрунтування заходів забезпечення чистоти агрегатів гідравлічної системи трактора при їх ремонті / П. Т. Мельянцов, О. С. Миронов // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo- Praktycznej " Inżynieria i technologia. Osiągnięcia naukowe, rozwój, propozycje na rok 2016" - Warszawa: Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2016. S 54- 59.
3. Мельянцов П. Т. Багатостадійна очистка гідравлічних агрегатів в спеціалізованих підприємствах з їх технічного сервісу / П. Т. Мельянцов, О. М. Коломієць // The 18th International scientific and practical conference "Modern challenges: trends, problems and prospects development" (DOI – 10.46299/ISG.2024.1.18) - Copenhagen, Denmark. International Science Group. 2024.S. 318-322.
4. Кобець А. С. Ремонт машин. Дипломне проектування. [Текст] / А. С. Кобець, В. І. Дирда, П. Т. Мельянцов, Ю. М. Овчаренко та ін. – Дніпропетровськ, Журфонд, 2016 – 283 с.
5. Melyantsov P. T. Control of the technical condition of hydraulic transmission units of mobile machines on the basis of monitoring the level of cleanliness of the working fluid / P. T. Melyantsov, I. M. Dobryanskyi, O. M. Losikov, V. K. Sidorenko // ScientificWorldJournal № 24, (2024), (DOI: 10.30888/2663-5712.2024-24-00-061) Economic Academy D.A. Tsenova, Svishtov, Bulgaria, 2024. S. 62-76.
6. Мельянцов П. Т. Визначення напрямків забезпечення якості очистки агрегатів гідравлічної системи трактора для різних методів їх ремонту / П. Т. Мельянцов, В. О. Безсмертний // Zbiór artykułów naukowych recenzowanych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo- Praktycznej " Inżynieria i technologia.

Osiągnięcia naukowe, rozwój, propozycje na rok 2017" - Warszawa: Zakopane (PL): «Diamond trading tour», 2017. S. 46- 50.

7. Ремонт машин та обладнання. Навчальний посібник [Текст] / В. І. Дирда, П. Т. Мельянцов, О. І. Кириленко та ін. – Дніпропетровськ, «Герда», 2015 – 306 с.

8. Тельнов Н. Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники 2-е изд. перераб. и доп. [Текст] / Н. Ф. Тельнов – М.:Колос, 1983-256 с.

9. Рыбаков К.В. Фильтрация авиационных масел и специальных жидкостей [Текст] /К. В. Рыбаков, В. П. Коваленко - М.: Транспорт, 1977. - 192 с,

10. Бабичев А. П. Основы вибрационной технологии. - Две части. - Ростов н/Д.: ДГТУ. Часть 1. 1993. - 97с. Часть 2. 1994. - 88с.

11. Тельнов А. Ф.. Моющие средства, их использование в машиностроении и регенерация. М., «Машиностроение», 1993. – 126 с.

12. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. К.: Держстандарт, 1999. 31 с.

13. ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». М.: Изд-во стандартов, 1974. 46 с.

## ДОДАТКИ

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Інженерно-технологічний факультет**  
**Кафедра інжинірингу технічних систем**

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РЕМОНТУ ОБ'ЄМНИХ ГІДРАВЛІЧНИХ АГРЕГАТІВ УДОСКОНАЛЕННЯМ**  
**МИЙНО-ОЧИСНИХ ОПЕРАЦІЙ**  
демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня “Магістр”

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МгАІ-1-23  
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»  
Анголенко Віктор Миколайович

**Керівник:** к.т.н., доцент  
Мельянцов Петро Тимофійович

Дніпро 2024

1

**Тема: “ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЖРЕМОНТНОГО РЕСУРСУ ОБ’ЄМНИХ  
ГІДРОАГРЕГАТІВ СТЕНДОВИМИ ПРИСКОРЕНИМИ  
ВИПРОБУВАННЯМИ”**

**Мета роботи:** “ являється підвищення ефективності і якості очистки деталей та вузлів аксіально-поршневих гідромашин, в процесі їх ремонту, шляхом впровадження нових та інтенсифікації існуючих процесів очистки.”

**Задачі досліджень:**

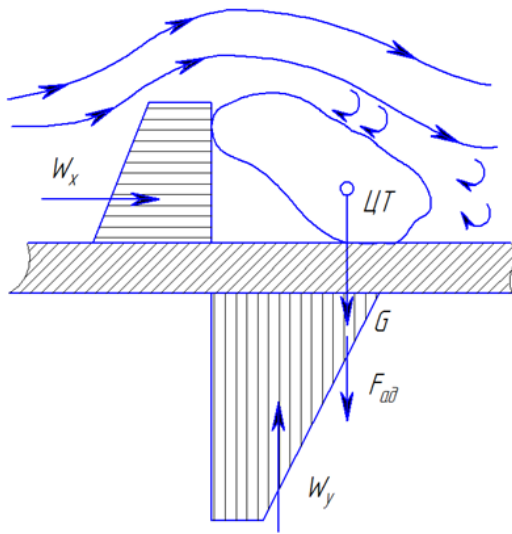
1. Визначити види забруднень аксіально-поршневих гідромашин в умовах експлуатації та сервісних підприємств.
2. Провести теоретичні дослідження режиму очистки металевої поверхні потоком мийної рідини, та фізико-хімічних особливостей взаємодії очищаючих деталей і робочого середовища при віброабразивному очищенні.
3. Обґрунтувати концентрацію мийних розчинів та режими очистки корпусних деталей аксіально-поршневих гідромашин.
4. Провести вибір та обґрунтування технологічних параметрів для очистки деталей віброабразивним способом.



Зовнішня забрудненість  
аксіально-поршневого гідромотора



Зовнішня забрудненість аксіально-  
поршневого гідронасоса.



$$W_x \succ f \cdot (G - W_y + F_{ад})$$

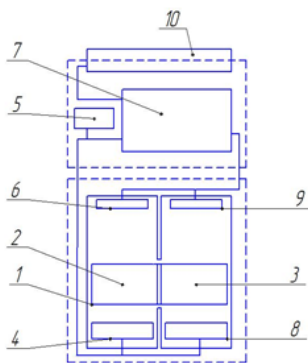
$f$

$G$  – сила тяжіння частинці в рідині;

$F_{ад}$

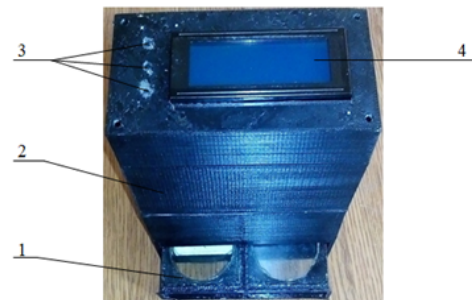
$W_y$  – під'ємна сила;

Схема дії сил на частинцю забруднення, яка знаходиться на поверхні, що очищається, в потоці рідини.



Схематичний склад пристрою:

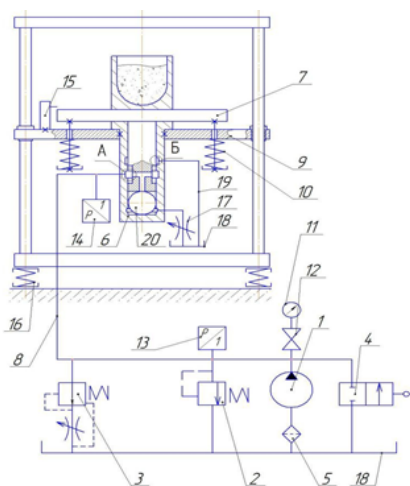
- 1 – ванна;
- 2,3 – колби;
- 4 – випромінювач;
- 5 – живильник;
- 6 – приймальник – ПЗС;
- 7 – комп'ютерний блок;
- 8 – діоди;
- 9 – інфрачервоні фотодіоди;
- 10 – екран пристрою ;



Зовнішній вид приладу для контролю робочої рідини на наявність абразивних і водяних домішок:

- 1 – масляні колби;
- 2 – основа;
- 3 – пульт;
- 4 – монітор LCD2004 ;





Принципова гідрокінематична схема експериментальної віброустановки:

- 1- гідравлічний насос НШ-50-2А;
- 2 – запобіжний клапан; 3 – регулятор потоку;
- 4 – двопозиційний розподільник;
- 5 – фільтр; 6 - вертикальний вібраційний гідроциліндр;
- 7 – вібростіл; 8 – гідролінія;
- 9 – станини; 10 – пружина; 11 – манометр;
- 12 – кран; 13,14 – датчики тиску; 15 – датчик переміщення;
- 16 – віброізолятори;
- 17 – дросель; 18 – бак; 19 – гідравлічна лінія.



Експериментальна віброустановка з просторовим вібраційним навантаженням



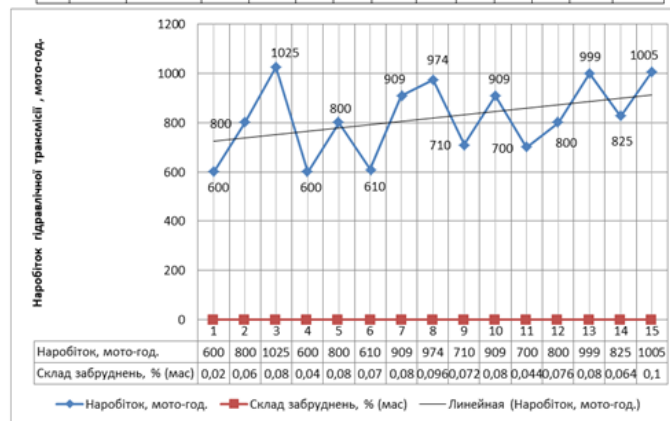
Корозійний знос плунжерів



Корозійний знос опори люльки

### Гранулометричний склад забруднень робочих олив

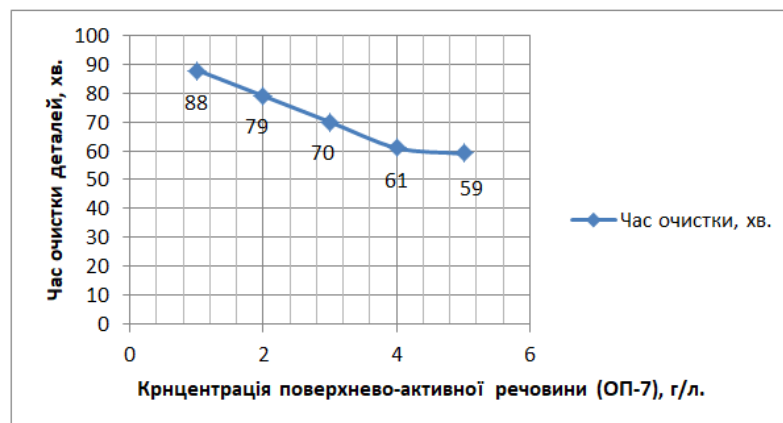
| № з/п | Наробіток, год | Склад забруднень, % (мас) | Число частин забруднень, (шт./см <sup>3</sup> )*10 <sup>-3</sup> , в границях розмірів, мкм |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|----------------|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |                |                           | 1-5   | 5-10  | 10-15 | 15-20 | 20-25 | 25-30 | 30-35 | 35-40 | 40-45 | 45-50 | 50-55 |
| 1     | 600            | 0,02                      | 1608  | 167   | 14,4  | 19,6  | 5,8   | 2,6   | 2,3   | 2,8   | 0,17  | 0,05  | 0,34  |
| 2     | 800            | 0,06                      | 1904  | 334   | 16,1  | 18,4  | 6,3   | 4,3   | 2,6   | 3,2   | 0,03  | 0,05  | 0,43  |
| 3     | 1025           | 0,08                      | 5423  | 126   | 80,8  | 7,5   | 2,9   | 1,7   | 2,8   | 1,4   | 0,03  | 0,03  | 0,12  |
| 4     | 600            | 0,04                      | 982   | 191,6 | 93,3  | 13,8  | 4,0   | 0,96  | 0,58  | 2,3   | 0,04  | 0,04  | 0,21  |
| 5     | 800            | 0,08                      | 126,9   | 253,9 | 23,8  | 19,4  | 4,6   | 3,2   | 1,9   | 3,4   | 0,06  | 0,11  | 0,12  |
| 6     | 610            | 0,07                      | 311   | 34,6  | 26,9  | 17,3  | 9,6   | 4,6   | 0,35  | 0,46  | 0,02  | 0,03  | 0,25  |
| 7     | 909            | 0,08                      | 280   | 30,8  | 17,3  | 11,5  | 9,6   | 6,6   | 0,66  | 0,66  | 0,24  | -     | 0,25  |
| 8     | 974            | 0,096                     | 288   | 43    | 21,1  | 3,8   | 3,8   | 5,8   | 0,77  | 0,38  | 0,33  | 0,02  | 0,92  |
| 9     | 710            | 0,072                     | 357   | 15    | 4,4   | 4,6   | 3,4   | 1,3   | 0,58  | 0,7   | 1,01  | 0,05  | 2,74  |
| 10    | 909            | 0,08                      | 182   | 43    | 4,4   | 2,6   | 1,7   | 1,6   | 0,9   | 1,04  | 0,3   | 0,04  | 0,34  |
| 11    | 700            | 0,044                     | 210   | 21    | 13,5  | 13,5  | 1,2   | 0,8   | 0,7   | 0,67  | 0,3   | 0,19  | 0,03  |
| 12    | 800            | 0,076                     | 328   | 69    | 7,5   | 7,5   | 3,5   | 1,3   | 0,9   | 0,6   | 0,46  | 0,35  | 0,07  |
| 13    | 999            | 0,08                      | 242   | 14,4  | 7,7   | 6,7   | 1,9   | 0,3   | 0,1   | -     | -     | -     | 0,02  |
| 14    | 825            | 0,064                     | 1942  | 173   | 69,2  | 20,2  | 6,9   | 2,7   | 3,5   | 1,9   | 1,35  | 1,9   | 1,15  |
| 15    | 1005           | 0,10                      | 2089  | 103,9 | 57,7  | 20,2  | 80,2  | 1,4   | 0,6   | 0,35  | 0,23  | 0,23  | 0,23  |



Лінійна залежність між напруцюванням гідроприводу та забрудненістю робочої оливи

## Тривалість очистки від концентрації препарату ОП-7

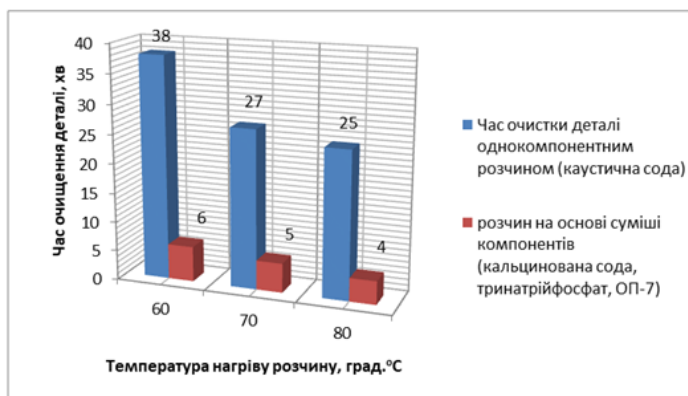
| № з/п | Концентрація каустичної соди, г/л | Концентрація кальцинованої соди, г/л | Концентрація ОП-7, г/л | Температура розчину, °С | Час очистки, хв. |
|-------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|
| 1     | 60                                | 20                                   | 1,0                    | 75,0                    | 88,0             |
| 2     | 60                                | 20                                   | 2,0                    | 75,0                    | 79,0             |
| 3     | 60                                | 20                                   | 3,0                    | 75,0                    | 70,0             |
| 4     | 60                                | 20                                   | 4,0                    | 75,0                    | 61,0             |
| 5     | 60                                | 20                                   | 5,0                    | 75,0                    | 59,0             |



Вплив концентрації поверхнево-активних речовин (ОП-7) на час очищення деталей, забруднених трансмісійним мастилом (МГЕ-46В)

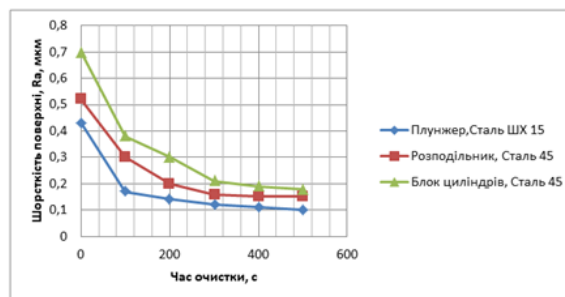
### Вплив температури розчину на тривалість очищення деталі

| № з/п | Компоненти розчину | Концентрація, г/л | Час миття деталей забруднених мастилом, хв. | Температура, °С |
|-------|--------------------|-------------------|---|-----------------|
| 1     | Кальцинована сода  | 60                | 38,0  | 30              |
|       |                    |                   | 25,0  | 40              |
|       | Тринатрійфосфат    | 20                | 14,0  | 50              |
|       |                    |                   | 6,0   | 60              |
|       | ОП-7               | 4                 | 5,0   | 70              |
|       |                    |                   | 4,0   | 80              |
| 2     | Каустична сода     | 60                | 38  | 60              |
|       |                    |                   | 27  | 70              |
|       |                    |                   | 25  | 80              |



### Вплив температури розчину на тривалість миття деталей, забруднених трансмісійним мастилом (МГЕ-46В)

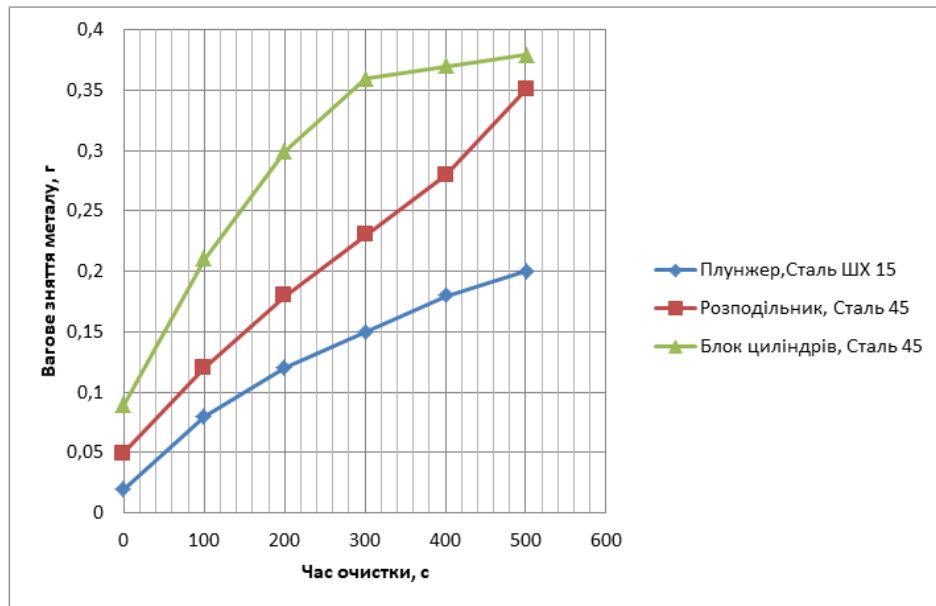
| Назва деталі, матеріал                      | Час очистки, с | Шорсткість поверхні, $R_a$ , мкм | Вагове зняття металу, г |
|---|----------------|----------------------------------|-------------------------|
| Плунжер, Сталь ШХ 15<br>(HRC 40 ... 42)     | 0              | 0,42                             | 0,02                    |
|   | 100            | 0,17                             | 0,08                    |
|   | 200            | 0,14                             | 0,12                    |
|   | 300            | 0,12                             | 0,15                    |
|   | 400            | 0,11                             | 0,18                    |
| Розподільник, Сталь 45<br>(HRC 42...45)     | 0              | 0,53                             | 0,05                    |
|   | 100            | 0,30                             | 0,12                    |
|   | 200            | 0,20                             | 0,18                    |
|   | 300            | 0,16                             | 0,23                    |
|   | 400            | 0,15                             | 0,28                    |
| Блок циліндрів, Сталь 45<br>(HB 170...190). | 0              | 0,70                             | 0,09                    |
|   | 100            | 0,38                             | 0,21                    |
|   | 200            | 0,30                             | 0,30                    |
|   | 300            | 0,21                             | 0,36                    |
|   | 400            | 0,19                             | -                       |
|   | 500            | 0,18                             | -                       |



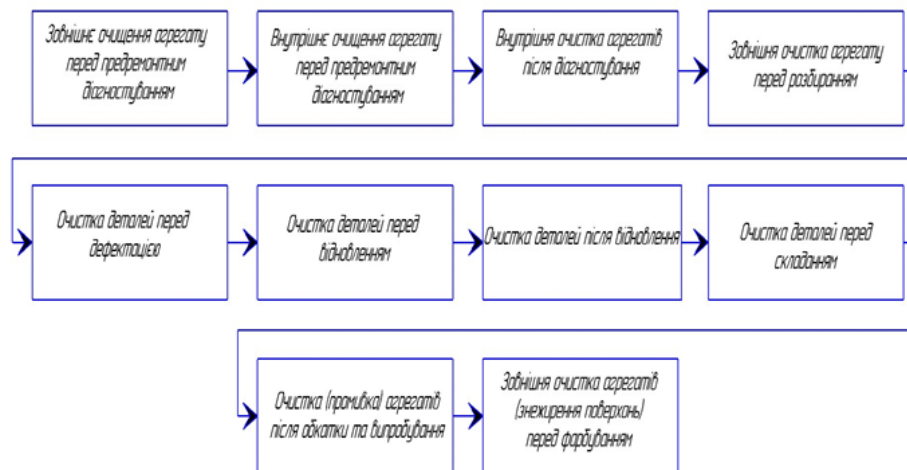
Зміна шорсткості поверхні ( $R_a$ ) від тривалості обробки

Показники зміни шорсткості і вагового зняття металу від тривалості очистки деталей

Зміна вагового зняття металу ( $\varnothing$ ) від тривалості обробки



**Схема операцій багатостадійної очистки в технологічному процесі ремонту аксіально-поршневих гідравлічних агрегатів для спеціалізованих підприємств**





## Техніко-економічні показники

| Назва показника  | Існуючий<br>варіант | Запропонований<br>варіант |
|--|---------------------|---------------------------|
| Види роботи  | ремонт              | ремонт                    |
| Об'єм роботи, од.                                      | 100                 | 180                       |
| Склад працюючих, осіб.                                 | 1                   | 2                         |
| Величини капіталовкладень, грн.                        | 205000              | 100000                    |
| Цехові витрати, всього, грн.                           | 376642,9            | 567529,7                  |
| - за робітня платня, грн.                              | 127368,0            | 254736,0                  |
| - амортизація, грн.                                    | 138076,5            | 160006,5                  |
| - електроенергія, грн.                                 | 51840,0             | 77760,0                   |
| - сервісні витрати, грн.                               | 41423,0             | 48002,0                   |
| - витрати на покращення умов праці, грн.               | 17935,4             | 27025,2                   |
| Річна собівартість об'єктів ремонту, грн.              | 384175,8            | 578880,3                  |
| Сумарний прибуток, грн.                                | 65824,2             | 231119,7                  |
| Отриманий прибуток, грн.                               | -                   | 165295,5                  |
| Час, за який окупляться матеріальні<br>вкладення, роки | -                   | 1,8                       |

### Основні висновки

1. Результати аналітичних досліджень впливу сил на абразивні частинки, що сприяють процесу відриву, завішування і транспортування забруднених частинок потоком рідини, свідчать про те, що при швидкості робочого тіла  $1,3v_0$  спостерігається масований відрив частинок і створюються гідродинамічні умови для їх завішування, за рахунок не симетричного обтікання частиць потоком, що створює зони відриву потоку, в яких виникають турбулентні вихрі.
2. Вибір способу очищення і складу технологічної рідини залежить від багатьох чинників: виду забруднення, необхідного класу чистоти поверхні, впливу ТР на матеріал поверхні, наявності обладнання для миття його конструкції і ступеня механізації, санітарно-гігієнічних і економічних вимог.
3. На ефективність віброабразивної очистки деталей гідромашин впливають такі фактори: параметри коливань установки (амплітуда і частота коливань), матеріал наповнювача і розмір його гранул, ступінь завантаження робочої камери і об'ємне співвідношення очищаючих деталей і абразиву, типу розчину і його фізико-хімічні властивості.
4. Для віброабразивного очищення деталей кількісні оцінки оптимальних параметрів для амплітуди коливань змінюється в межах 0,5 - 5 мм., частота коливань для основної схеми віброабразивного очищення досягає 15-50 Гц.
5. Запропонований спосіб визначення забруднення робочої рідини в корпусі аксіально-поршневої гідромашини може бути реалізований як в ремонтному цеху, так і в умовах експлуатації.

6. Розроблена схема установки віброабразивного миття деталей може застосовуватися в очисних машинах віброабразивного типу для підприємств, що займаються технічним сервісом гідроагрегатів.
7. Контроль надходження ремонтного фонду показав, що у 82 % аксіально-поршневих гідромашин зовнішня поверхня корпусів забруднена дорожнім пилом, який частково змішаний з мастилом. У 8 % гідромашин на корпусах і у 14 % деталей качаючих вузлів спостерігаються сліди корозії.
8. Масовий вміст забруднень у пробах робочих рідин, взятих з корпусів гідромашин, підвищується в процесі експлуатації і значно перевищує норму 0,0032 % для робочих рідин 10-14 класу чистоти, які експлуатуються при робочому тиску 21,0 МПа, і знаходиться в інтервалі 0,02...0,10 %, що вказує на роботу аксіально-поршневих гідромашин на забрудненому мастилі.
9. Оптимальна концентрація поверхнево активної речовини (ОП-7) знаходиться в інтервалі 3-5 г/л. за якої час миття деталей забруднених трансмісійною робочою рідиною для даного інтервалу концентрації становить від 70 хв. до 60 хв. і скорочує час очистки деталей на 14,3%.
10. Для розчину з поверхнево активною речовиною ОП-7, при температурі 40 °С, спостерігається помітне скорочення часу на очистку деталі – 25 хв. і зі зростанням температури до 80 °С тривалість очистки становить 4 хв. В одночас при застосуванні однокомпонентного розчину (каустична сода), ефективна очистка починається при температурі 40 °С і досягає максимального ефекту – 25 хв. при температурі 80 °С., що вказує на вагомість температурного режиму розчину на тривалість процесу миття.

11. Однокомпонентний мийний розчин на основі каустичної соди при її концентрації 60 г/л і зміні його нагрівання від 60 °С до 80 °С забезпечує якісну очистку деталей відповідно за 38 хв. і 25 хв. При температурі розчину 80 °С час очистки скорочується на 34 % по відношенню до 60 °С.
12. Для багатокомпонентного розчину на основі суміші елементів (кальцинована сода, тринатрійфосфат, ОП-7) при температурі його нагріву до 60 °С і концентрації поверхнево-активних речовин 4 г/л час очистки деталі дорівнює 6,0 хв, що майже на 84 % менше в порівнянні з однокомпонентним розчином.
13. При віброабразивному очищенні деталей в початковий момент проходить інтенсивна зміна шорсткості, яка починає стабілізуватися при тривалості очистки 200 с. і знаходиться для даного часу випробувань в інтервалі 0,14...0,30 , мкм, що вказує на можливість завершення очисних робіт.
14. При тривалості очистки 200 с. кут нахилу кривих вагового зняття металу для таких деталей, як плунжер і розподільник має менше значення в порівнянні з блоком, а величини вагового зняття матеріалу для них знаходиться в інтервалі 0,12...0,18 г., що обумовлюється показником твердості даних деталей.
15. Рекомендована схема операцій багатастадійної очистки в технологічному процесі ремонту аксіально-поршневих агрегатів для спеціалізованих підприємств дає можливість значно зменшити тривалість очистки агрегатів та їх складових, за рахунок забезпечення чистоти мийних розчинів, а також збільшити ресурс гідравлічних рідин, які застосовуються для проведення контрольно-випробувальних операцій, що вказує на ефективність мийно-очисних операцій з точки зору їх маловідходності та ресурсозбереженості.

16. Для забезпечення вибухобезпеки праці при застосування розчинників для видалення жирових плівок на поверхнях гідравлічних агрегатів необхідно через кожну годину провітрювати приміщення, відкриваючи вікна на час, не менше ніж 1,86 хвилини. А при досягнення граничнодопустимої концентрації провітрювання повинно тривати не менше 6,3 години.

17. Розроблення технології ремонту об'ємних гідромашин з застосуванням багатостадійної їх очистки збільшило сумарний прибуток на 71,5% за рахунок за рахунок зменшення трудомісткості мийних операцій, а час відшкодування матеріальних вкладень становить 1,8 роки, що вказує на ефективність запропонованих заходів.