

**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:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ БАГАТОСТАДІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ  
ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПРИ  
ПРОВЕДЕННІ СЕРВІСНИХ РОБІТ**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МгАІ-3-22  
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

\_\_\_\_\_Ходотов Валерій Володимирович

**Керівник:** \_\_\_\_\_Толстенко Олександр Васильович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2023

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Інжинірингу технічних систем

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

К.Т.Н. ДОЦЕНТ

(вчене звання)

(підпис)

Дудін В.Ю.

(прізвище, ініціали)

”\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2023 р.

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

Ходотову Валерію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення процесу багатостадійного очищення деталей сільськогосподарської техніки при проведенні сервісних робіт

керівник роботи к.т.н. доц. Толстенко О.В.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 09.11.2023 року  
№ 3422

2. Строк подання студентом роботи до 1.12.2023

3. Вихідні дані до роботи Аналіз видів забруднень та миючих засобів. Аналіз конструкцій засобів миття-очищення як машини в цілому так і окремо агрегатів і деталей. Показники стану охорони праці в базовому підприємстві. Техніко-економічні показники роботи базового підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Сучасний стан питання. Мета та Задачі дослідження. 2. Теоретичні передумови підвищення ресурсу відремонтованих агрегатів. 3. Методика проведення експериментів та результати лабораторних досліджень. 4. Охорона праці та безпека життєдіяльності. 5. Розрахунок економічного ефекту. Загальні висновки. Література. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема роботи (1 аркуш А4). 2. Мета і задачі досліджень (1 аркуш А4). 3. Аналіз базового підприємства (1 аркуш, А4). 4. Аналіз способів миття (1 аркуш А4). 5. Формування ресурсу двигуна (1 аркуш А4). 6. Обладнання для досліджень (1 аркуш А4). 7. Результати експериментальних досліджень (3 аркуш, А4). 8. Охорона праці (1 аркуш А4). 9. Економічні показники (1 аркуш, А4). 10. Загальні висновки (1 аркуш А4).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 4, 5	Толстенко О.В., к.т.н., доцент		
Нормоконтролер	Івлєв В.В., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пошукова частина роботи	до 01.10.2023	
2	Теоретичне обґрунтування роботи	до 25.10.2023	
3	Експериментальне підтвердження роботи	до 15.11.2023	
4	Охорона праці та безпека життєдіяльності	до 20.11.2023	
5	Економічне обґрунтування роботи	до 25.11.2023	
6	Демонстраційна частина	до 01.12.2023	

Студент

\_\_\_\_\_ Ходотов В.В. \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник роботи

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



## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ. МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	10
1.1. Короткі відомості про базове підприємство .....	10
1.2. Аналіз процесу очищення деталей та очисних машин.....	13
1.3. Аналіз мийних установок .....	18
1.4 Миючі засоби та їх характеристики .....	29
1.5. Висновки за розділом 1 .....	33
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ВІДРЕМОНТОВАНИХ АГРЕГАТІВ .....	36
2.1 Фактори, що впливають на ресурс машин, та їх аналіз.....	36
2.3 Механізм миючої дії багатокомпонентного розчину на забруднення деталей.....	43
2.4 Висновки за розділом 2.....	53
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МИЙНИХ ЗАСОБІВ, МЕТОДИКА ЇХ ПРОВЕДЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	54
3.1 Опис установки для дослідження мийних властивостей різних мийних розчинів .....	54
3.2 Зразки для проведення досліджень та їх процес підготовки .....	56
3.3 Методика дослідження з'єднання бору як добавки для покращення властивостей розчину WEISS .....	57
3.4. Дослідження оптимального складу розчину для миття деталей.....	59
3.5. Покращення очищуючого ефекту розчину WEISS .....	64

3.6. Протикорозійні якості препарату .....	65
3.7. Результати експлуатаційних випробувань .....	69
<b>РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b> .....	<b>72</b>
4.1. Аналітичне дослідження охорони праці на підприємстві.....	72
4.2. Заходи по безпечній експлуатації лабораторної мийної машини.....	74
4.3. Шкідливі фактори ділянки миття .....	75
4.4 Захист у надзвичайних ситуаціях .....	76
4.5 Висновок за розділом.....	76
<b>РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ</b> .....	<b>77</b>
5.1. Економічний ефект від застосування результатів дослідження .....	77
5.2 Висновки за розділом 5 .....	85
<b>ВИСНОВОК</b> .....	<b>86</b>
<b>ЛІТЕРАТУРА</b> .....	<b>87</b>
<b>ДОДАТКИ</b> .....	<b>90</b>

## РЕФЕРАТ

У першому розділі проведено аналіз стану питання миття деталей вузлів та агрегатів машин, розглянуто способи, методи миття, обладнання та засоби для миття деталей при ремонті вузлів та агрегатів машин, виявлено їх позитивні та негативні сторони. Визначено причини забруднення деталей машин, наведено класифікацію забруднень.

Другий розділ присвячено теоретичним дослідженням вдосконалення технологічного процесу миття деталей при ремонті агрегатів, проведено аналіз факторів, що впливають на якість миття, теоретично обґрунтовано вплив технології очищення деталей на ресурс агрегату.

Третій розділ присвячено опису методик проведення лабораторних та виробничих експериментів для підвищення миючої та інгібіторної здатності розчинів миючих розчинів, що вивчаються. Проведено оптимізацію параметрів процесу миття, вивченню впливу ТБА на миючі та протикорозійні властивості розчину WEISS, впливу співвідношення компонентів у миючому розчині на ступінь очищення. Проведено виробничу перевірку отриманих результатів дослідження.

Четвертий розділ присвячено питанням охорони праці у базовому підприємстві.

У п'ятому розділі проведено розрахунок економічного ефекту результатів дослідження.

Сформульовано висновок.

Наведено список літератури, цитованих автором у роботі.

Ключові слова: миття, очищення, забруднення, синтетичні миючі розчини, мийна машина.

## ВСТУП

Миття знятих з автомобіля несправних агрегатів та чистка розібраних агрегатів є необхідною складовою технологічних процесів автомобільного ремонту. Ці процеси включають використання синтетичних миючих засобів (СМЗ). Операції з миття та очищення забруднених агрегатів, вузлів та деталей [1] стають причиною непривабливості технологічних процесів ремонту. Зараз існуючі промислові СМЗ, які використовуються на різних підприємствах, спеціалізованих у ремонті автомобілів, не володіють достатніми властивостями для ефективного миття та захисту від корозії. Крім того, вони містять токсичні речовини, зокрема хромати, які негативно впливають на здоров'я людей і природу.

Низька ефективність технологічного процесу миття деталей значно погіршує якість ремонту і призводить до зменшення ресурсу відремонтованих машин на 20-30%. Продуктивність праці ремонтних робіт зменшується до 8%, що призводить до збільшення трудових та матеріальних витрат, а також негативно впливає на здоров'я людей та навколишню природу [2, 3].

З вищевикладеного можна зробити висновок, що вдосконалення технологічного процесу миття деталей під час ремонту машин у сільському господарстві є актуальним завданням. Розв'язання цього завдання сприяє розвитку агропромислового комплексу країни.

Вирішення завдання по вдосконаленню технологічного процесу миття деталей дозволяє підняти екологічність цього процесу, покращити продуктивність праці, якість дефектування, корозійну стійкість та ресурс деталей. Крім того, це сприяє поліпшенню умов праці, миючих та інгібіторних властивостей розчинів синтетичних миючих засобів (СМЗ), що призводить до зменшення трудових та матеріальних витрат при ремонті машин.

**Об'єкт дослідження:** технологічний процес видалення забруднень з поверхні деталей під впливом миючих розчинів.



**Предмет дослідження:** миючі розчини для миття деталей, їх склад та властивості. Вплив бору на властивості розчинів.

# РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ. МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1. Короткі відомості про базове підприємство

Компанія "Альфатех" є офіційним ексклюзивним дистриб'ютором в Україні дорожньо-будівельної техніки Hyundai і SHANTUI, гірничорудного обладнання ASTEC Ind., KEESTRACK, вантажопідйомної техніки SCM, ALFA, СПЕСО, комунальної техніки Ausa та Retech, а також міні-техніки BOBCAT.

Головний офіс знаходиться за адресою м. Підгородне, Автодорога М04, Дніпропетровська обл., Україна



Рис. 1.1. Головний офіс Альфатех

Філії компанії є майже у всіх регіонах України (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Філії АЛЬФАТЕХ

Діяльність компанії охоплює весь спектр робіт по продажу та сервісу техніки. Напрямки діяльності наведено на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Напрямки діяльності компанії

Компанія займається сервісним обслуговуванням техніки яку реалізує, виконує гарантійне та післягарантійне обслуговування. Для цього компанія має сервісний центр та виїзні ланки для сервісу у польових умовах або в умовах замовника.



Рис. 1.4. Сервіс в польових умовах



Рис. 1.5. виконання розчинних ремонтних робіт в умовах сервісного центру

Враховуючи велику програму сервісних робіт на підприємстві оснащено дільницю миття деталей та агрегатів, яка оснащена сучасними мийними машинами.



Рис. 1.6. Процес миття деталей

Не дивлячись на використання високотехнологічних мийних машин, є труднощі з видаленням деяких видів забруднень, також процес виходить досить витратним, тому треба дослідити процес миття та розробити заходи які підвищили б якість очищення та дали змогу знизити вартість мийно-очисних робіт.

## **1.2. Аналіз процесу очищення деталей та очисних машин**

Очищення деталей у технічному процесі ремонту машин є ключовим і дуже ресурсозатратним етапом, який відбирає близько 10% від загальної трудомісткості ремонту. Цей процес споживає величезні обсяги миючих засобів щорічно та вимагає значних людських ресурсів [1].

В роботі [5] вперше проведено комплексне дослідження щодо покращення як мийних, так і антикорозійних властивостей розчинів. Це пов'язано з тим, що при очищенні деталей машин необхідно вирішувати проблему підвищення корозійної стійкості поверхонь очищуваних деталей.

Експлуатація машин в різних погодних і дорожніх умовах супроводжується їх забрудненням. Поверхні нижньої частини машини (шасі) часто забруднюються глиною, піском, органічними речовинами та іншими

забрудненнями, що утворюють міцну плівку, яка урочиннює огляд та інші операції і знижує експлуатаційні характеристики та термін служби машини.

При своєчасному очищенні машини [5]:

- знижує ймовірність корозійних уражень, оскільки забруднені ділянки утворюють мікропорожнечі, які є осередком руйнування захисно-декоративних покриттів і розвитку електрохімічної (щілинної) корозії;

- забезпечує захист покриттів і подовжує термін їх служби;

- покращує умови праці ремонтного персоналу та зменшує або виключає можливість травматизму; та

- покращує доступ до деталей і вузлів машини та полегшує зовнішній огляд;

- покращити зовнішній вигляд та підвищити зручність використання машини; – покращити зовнішній вигляд та зручність використання машини;

- покращити зовнішній вигляд та підвищити зручність використання машини

- Для досягнення поставлених завдань з підвищення якості робіт з технічного обслуговування і ремонту машини рекомендується:

1. Впровадження Сучасних Технологій: Використання сучасних технологій у технічному обслуговуванні та ремонті, таких як високоточне обладнання та програмне забезпечення для діагностики, що дозволить ефективніше виявляти та виправляти несправності.

2. Налагодження Системи Очищення та Миття: Оптимізація операцій з очищення та миття, враховуючи різні типи виробів. Забезпечення правильних пропорцій між первинним та вторинним очищенням відповідно до конкретних потреб.

3. Використання Високоякісних Миючих Засобів: Вибір ефективних та безпечних синтетичних миючих засобів з властивостями, що покращують очищення та протикорозійний захист.

4. Навчання та Кваліфікація Робітників: Проведення навчань та підвищення кваліфікації робітників, що виконують операції з очищення та миття, для забезпечення правильного використання обладнання та миючих засобів.

5. Створення Системи Контролю Якості: Впровадження системи контролю якості для постійного моніторингу ефективності технічного обслуговування та ремонту, включаючи операції з очищення та миття.

Ці заходи сприятимуть покращенню якості робіт з технічного обслуговування і ремонту машин, забезпечуючи ефективнішу та екологічно безпечну обробку поверхонь та деталей.

Первинне обслуговування включає видалення бруду, пилю і снігу з машин, внутрішнє і зовнішнє очищення. Вони вимагають багато ручної роботи. Очищення та миття слід розглядати як окремі завдання в технічному процесі технічного обслуговування та підготовки машин до ремонту [6].

Очищення машин передує операціям з миття; кількість операцій з очищення та миття як частка загальних трудовитрат на ТО і Р залежить від типу машин, причому на операції з миття припадає більша частка загальних трудовитрат на ТО і Р.

Операції з прибирання виконуються за допомогою портативних або стаціонарних пилососів, які працюють у сухому або вологому режимі. Хімічне очищення також можливе за допомогою деяких комерційних пилососів.

Миття є однією з найбільш трудомістких операцій в технічному процесі технічного обслуговування і ремонту машин. Наприклад, трудомісткість миття автомобіля КраЗ 65032 становить близько 35 осіб. Ці фактори визначають необхідність механізації процесів миття та очищення.

Процеси очищення включають [1, 6]:

- Вишкрібання забруднень за допомогою ручних або механічних інструментів;
- видалення забруднень шляхом розпилення.

Перший метод передбачає видалення забруднень шляхом очищення за допомогою скребків, щіток, оцинкованих барабанів або вібраційних ємностей.

Очищення деталей від забруднень може здійснюватися як ручним, так і механічним способом.

Ручне очищення включає в себе використання різних скребків і металевих щіток, а також можливе застосування механічних засобів. Ці методи застосовуються для деталей, таких як канавки поршневих кілець та інжектори, де важко використовувати універсальне обладнання для видалення забруднень. Ефективність механічних інструментів залежить від форми і конфігурації виробу.

Механізовані інструменти можуть включати електричні дрилі з насадками-щітками, обертаючі барабани, наповнені абразивами для очищення, і механізовані барабани для обробки забруднених деталей.

Другорядні методи очищення включають водоструминне очищення, гідроабразивну обробку, піскоструминну обробку та очищення кам'яною крихтою. Гідродинамічне очищення (використання струменів високого тиску) широко застосовується для зовнішнього очищення машин.

Цей метод дозволяє механічно руйнувати адгезійні зв'язки між забрудненнями і поверхнею, що очищається. У зовнішньому очищенні машин використовується холодна або гаряча вода (25-30°C) для видалення різних видів забруднень, включаючи до 35% оливи [5, 7].

Струминне миття характеризується великими витратами води. Наприклад, при тиску води 1,5 МПа витрата води для миття вантажівки становить 600-1200 літрів, а для миття легкового автомобіля - 80-100 літрів. Для економії води та покращення якості миття використовуються спеціальні миючі засоби.

Існуючі системи оборотного водопостачання значно зменшують витрати води, сприяючи значній економії ресурсів. Згідно з цими системами, всі користувачі води зобов'язані обмежувати своє водоспоживання та утримувати нескидані неочищені стічні води.



Переваги струменевого очищення:

- Можна використовувати для очищення різних типів машин;
- Відносно проста у використанні;
- Широкий вибір режимів технічного очищення;
- Захист лакофарбових і скляних плівок під час використання.

Параметри струминного очищення мають ключовий вплив на ефективність процесу. Основні параметри включають:

1. **Температура миючого розчину (води):** Підвищення температури води сприяє зменшенню адгезії та когезії між забрудненням і поверхнею машини. Вибір температури повинен враховувати тип та розчин забруднень, матеріал поверхні і вимоги до якості очищення.
2. **Динамічний тиск розпилення:** Це ключовий показник миючої здатності струменя води. Величина динамічного тиску залежить від форми струменя, витрати миючої рідини, тиску насоса і відстані до поверхні машини, що очищається. Більший тиск може забезпечити ефективніше видалення забруднень.
3. **Витрата води:** Чим більше витрата миючого розчину, тим сильніший удар струменя. Однак важливо зберігати воду як цінний природний ресурс, тому силу удару слід збільшувати за рахунок тиску, створеного насадкою, а не за рахунок збільшення швидкості потоку води.

Оптимальна комбінація цих параметрів залежить від конкретних умов очищення, типу забруднень і вимог до якості роботи. Правильне налаштування цих параметрів дозволяє досягти максимальної ефективності процесу струминного очищення.

Із зменшенням відстані до очищуваної поверхні збільшується ударна сила струменя. Підвищений тиск перед соплом сприяє підвищенню продуктивності насоса, а максимальна витрата води спостерігається при використанні пістолета-розпилувача.

При тиску 140-150 Па витрата води досягає 16 л/хв, що перевищує витрату води при використанні турбо-форсунки на 14-28% [9]. З огляду на

високий рівень адгезії забруднень та характеристики розчинної модифікації поверхні, необхідне використання миючих засобів [9].

Однак струминне очищення має своїм недоліком високу витрату миючих засобів. Для очищення вузлів, агрегатів і деталей перед ремонтом застосовуються різноманітні методи [1, 7] (рис. 1.7).

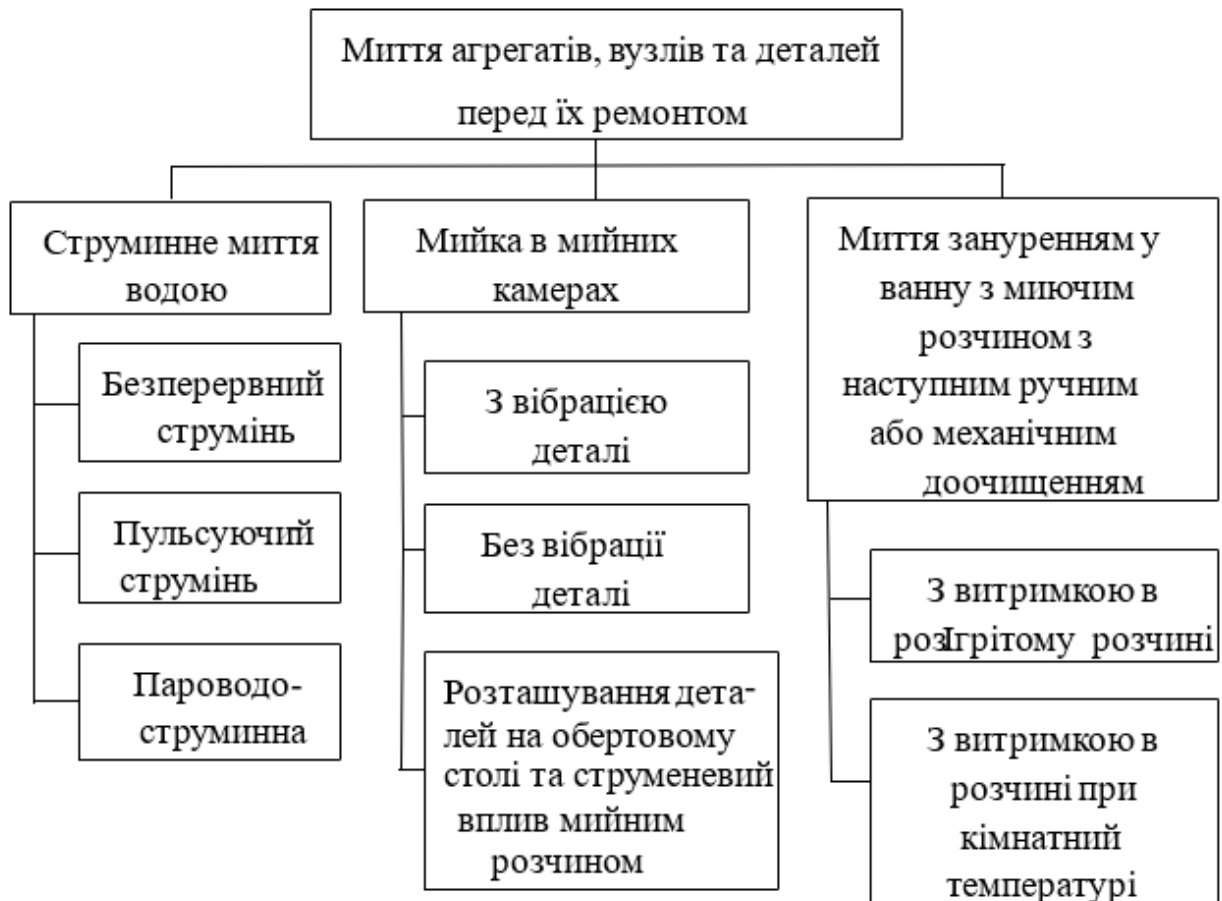


Рис. 1.7 – Методи миття деталей та агрегатів [1]

### 1.3. Аналіз мийних установок

Обладнання для очищення об'єктів ремонту поділяється за кількома критеріями:

#### 1. За функціями у технологічному процесі:

- Зовнішнє миття.

- Очистка агрегатів та інших компонентів.

## 2. За типом мийних машин:

- Моніторні.
- Струминні.
- Заглибні.
- Комбіновані.
- Спеціальні.

## 3. За призначенням, в залежності від типу ремонтного підприємства та об'єктів ремонту.

Зовнішню очистку машин проводять перед їх встановленням на майданчик ремонтного фонду, передремонтним діагностуванням та за необхідності у випадках, передбачених технологічним процесом ремонту техніки. Для цієї мети використовують пересувні і стаціонарні мийні установки і машини.

Серед простих видів обладнання варто відзначити водоструминні та пароводоструминні установки, які були розглянуті раніше.

На ремонтних підприємствах також використовують стаціонарні камерні тупикові і прохідні мийні машини для більш ефективної очистки та підготовки об'єктів до ремонту.

Гусеничні трактори класу до 6 і колісні класу 1,4 на ремонтних підприємствах миють на спеціальних мийних машинах ОМ-8036 струминно-камерного типу з поворотним кругом. Для миття тракторів більших розмірів, тягового класу 3 і 5, використовують *машину* ОМ-5535 з конвеєром, що рухається по підлозі або *машину* ОМ-1438 з рухомими гідрантами. На деяких підприємствах застосовують також обладнання для зовнішнього миття зануренням у ванну з гарячою мильною рідиною (Температура мийного розчину повинна бути 75-80° С).

*Машина* ОМ-8036 (рис. 1.8) має мийну камеру з шестигранної форми, куди на поворотному круг 8 встановлюють трактор. Поворотній круг обертається разом з трактором відносно нерухомого душового пристрою 4 на

трьох опорах, одна з яких є приводною. Струмені води падають також і через нижній боковий пристрій 7. Для поліпшення якості мийки на кульовій установці закріплено брендспойт 2, яким керує оператор. За процесом мийки оператор стежить через оглядове вікно, яке очищається склоочисником. Трактор всередині камери освітлюється двома фарами. Для видалення з камери пари, зверху встановлено вентилятор 5. Ця машина має високопродуктивні очисні споруди. Після миття знімають крила, облицювання, капот і кабінку. Якщо необхідно, то їх виварюють у спеціальних ваннах.

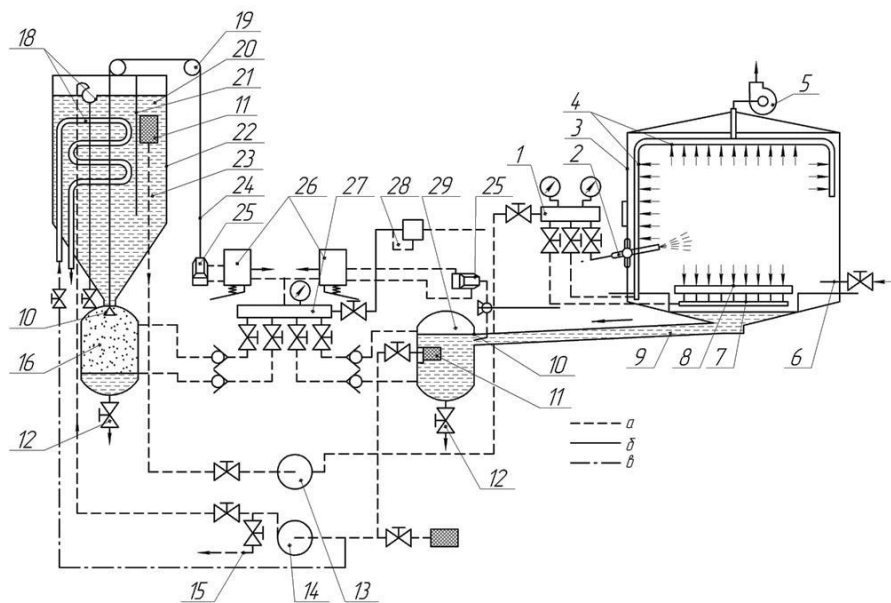


Рис. 1.8. Схема мийної машини OM-8036

*а, б, в* – трубопроводи відповідно для збору та подачі розчину, зливу розчину, подачі повітря; 1 – водяний розподільник; 2 – брендспойт; 3 – мийна камера; 4 – душовий пристрій верхній і боковий; 5 – вентилятор; 6 – водопровідна мережа; 7 – нижній душовий пристрій; 8 – поворотний круг; 9 – стічна труба; 10 – засувки; 11 – фільтри; 12 – злив відстою; 13 – консольний насос; 14 - факельний насос; 15 – злив; 16 – збірник бруду; 17 – паро підігрівник; 18 – лійка зливу нафтопродуктів; 19 – блок; 20 – злив нафтопродуктів; 21 – перегородка; 22 – бак; 23 – відстій мийного розчину; 24 – трос; 25 – пневоциліндри; 26 – крани управління; 27 – пневморозподільник; 28 – редуктор тиску; 29 – відстійник.

Очищення агрегатів, вузлів і деталей виконується за допомогою струминних мийних машин, машин занурювального типу і комбінованих, які об'єднують в собі заглибні та струминні методи в одному агрегаті.

На ремонтних підприємствах використовують три основних типи струминних мийних машин: камерні тупикові, камерні прохідні і секційні. Деталі в цих машинах піддаються очищенню за допомогою струменів миючого розчину, що надходять під тиском 0,4—1,4 МПа, через насадки.

Процес струменевої мийки включає механічну, хімічну і термічну взаємодію струменя миючого розчину із забрудненою поверхнею в мийних машинах прохідного або тупикового типу. Схема камери мийної машини прохідного типу представлена на рисунку 1.9. Деталі для мийки підвішують на гаки підвісного рухомого конвеєра, на які діють струмені рідини, що формуються за допомогою насадок. Після цього використана робоча рідина стікає в ємність.

Деталі для очищення підвішують на гаки 7 підвісного рухомого конвеєра 5, де на них спрямовані струмені рідини, що формуються за допомогою насадок 4. Після завершення процесу робоча рідина стікає в ємність 1.

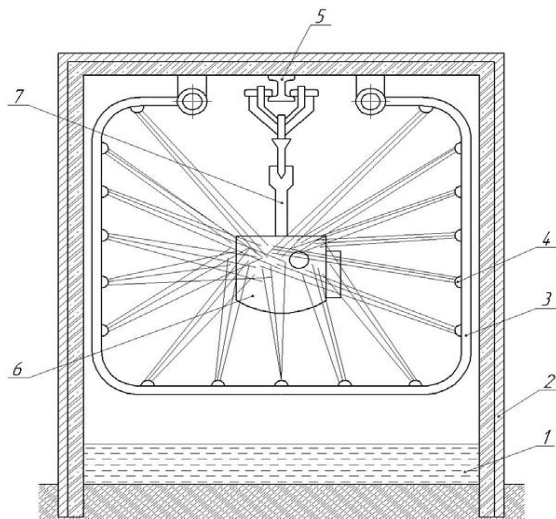


Рисунок. 1.9. Мийна машина прохідна з підвісним конвеєром:

- 1 – ємність для збирання миючої рідини; 2 – каркас мийної машини; 3 – труба (колектор) для підведення миючої рідини; 4 – насадки (розбризкувачі);  
5 – підвісний конвеєр; 6 – деталь; 7 – гак для навішування деталей

Необхідною умовою розроблення модернізованої конструкції установки для миття агрегатів є проведення глибокого аналізу роботи пристрою, конструкцій установок для миття агрегатів, вітчизняних і зарубіжних виробників та розроблених патентів.

Під час виконання аналізу вітчизняного ринку можна виокремити такі установки для миття агрегатів [4]: мийка деталей MAGIDO L35/08C (виробництво Італія); установка для миття деталей Simplex 80 HT AP (виробництво Італія); мийна установка з обертовим кошиком PUM 950 DOLFIN (виробництво Польща).

Для виявлення переваг і недоліків конструкцій і вибору найпрогресивнішого пристрою виконаємо порівняння за заздалегідь обраними параметрами:

- габаритні розміри;
- вантажопідйомність кошика;
- споживана потужність; маса;
- вартість.

Мийка деталей MAGIDO L35/08C (рисунок 1.10) є автоматичною мийною машиною з обертовим кошиком, призначеним для миття деталей, вузлів і агрегатів у гарячому мийному складі. Мийка відбувається в герметично замкненому просторі, у центрі якого обертається кошик із деталлю. Мийна рама з форсунками закріплена в машині нерухомо і під тиском подає підігрітий розчин на деталь одночасно з трьох боків - згори, знизу і з боку.

Завдяки системі форсунок, розташованих навколо кошика, мийний склад, розігрітий до WEISSератури 60-70 °C, забезпечує оптимальний ступінь очищення деталей. Високий тиск у поєднанні з WEISSературою і хімічним впливом мийного складу дає змогу видалити будь-які типи забруднень.

Деталі, розігріті в процесі мийного циклу до високої WEISSератури, дуже швидко висихають після відкриття кришки машини.

Кожна машина оснащена системою подвійної фільтрації. Система дає змогу видаляти сильні забруднення з розчину, завдяки цьому мийний розчин використовується в замкнутому циклі тривалий час.



Рис. 1.10. Мийка деталей MAGIDO L35/08C

Технічні характеристики установки для миття деталей MAGIDO L35/08C представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики установки для миття деталей MAGIDO L35/08C

Параметр	Габарити (ДхШхВ), мм	Вміст корзини, кг	Потужність, кВт	Вага, кг	Вартість, грн.
Значення	750x680x1360	70	2,55	50	112600

Установка для миття деталей Simplex 80 НТ АР (рисунок 1.11) є автоматичною мийною машиною з обертовим кошиком, призначеним для

миття деталей, вузлів і агрегатів у гарячому мийному складі. Мийка відбувається в герметично замкненому просторі, у центрі якого обертається кошик із деталлю.

Відмивання деталей у мийній машині відбувається методом розпилення мийного засобу через розпилювальну систему, що містить головний насос, фільтри і розпилювальні рами з соплами всередині камери. Конфігурація розпилювальної системи розроблена таким чином, що дає змогу повністю покривати всю поверхню оброблюваних деталей.



Рисунок 1.11 - Установка для миття деталей Simplex 80 HT AP

Технічні характеристики установки для миття деталей Simplex 80 HT AP представлені в таблиці 1.2.



Таблиця 1.2 - Технічні характеристики установки для миття деталей Simplex 80 HT AP

Параметр	Габарити (ДхШхВ), мм	Вміст корзини, кг	Потужність, кВт	Вага, кг	Вартість, грн.
Значення	090x1090x 1065	100	4,7	110	256000

Мийна установка з обертовим кошиком PUM 950 DOLFIN (рисунок 1.12) являє собою автоматичну мийну машину з обертовим кошиком, призначену для миття деталей, вузлів і агрегатів у гарячому мийному складі. Мийка відбувається в герметично замкненому просторі, у центрі якого обертається кошик із деталлю.

Мийна рама з форсунками закріплена в машині нерухомо і під тиском подає підігрітий розчин на деталь одночасно з трьох боків - згори, знизу і збоку. Завдяки системі форсунок, розташованих навколо кошика, мийний склад, розігрітий до WEISSератури 60-70 °С, забезпечує оптимальний ступінь очищення деталей. Високий тиск у поєднанні з WEISSературою і хімічним впливом мийного складу дає змогу видалити будь-які типи забруднень.

Деталі, розігріті в процесі мийного циклу до високої WEISSератури, дуже швидко висихають після відкриття кришки машини.

Кожна машина оснащена системою подвійної фільтрації. Система дає змогу видаляти сильні забруднення з розчину, завдяки цьому мийний розчин використовується в замкнутому циклі тривалий час.



Рисунок 1.12 - Мийна установка з обертовим кошиком РУМ 950 DOLFIN

Технічні характеристики мийної установки з обертовим кошиком РУМ 950 DOLFIN наведено в таблиці 1.12.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики мийної установки з обертовим кошиком РУМ 950 DOLFIN

Параметр	Габарити (ДхШхВ), мм	Вміст корзини, кг	Потужність, кВт	Вага, кг	Вартість, грн.
Значення	1400x1050x 1450	150	11	200	184428

Проведення достовірної оцінки якості технологічного обладнання можливе тільки з урахуванням усієї системи груп показників якості. Для цього потрібне розроблення формальних правил проведення цієї оцінки.

У тому разі, якщо певні одиничні показники якості  $P_i$  можуть бути виражені кількісними значеннями, то їх можна співвіднести з базовим показником  $P_{i0}$ , який зазвичай відображає значення показника якості

обладнання, що відповідає сучасним вимогам і яке добре зарекомендувало себе на ринку. Якщо зростання абсолютного значення показника якості веде до поліпшення якості, то рівень якості даного обладнання визначається відповідно до формули (1.1) і виражається таким відношенням:

$$Y_i = \frac{P_i}{P_{i0}} \quad (1.1)$$

Інакше, якщо при збільшенні показника погіршується якість обладнання, то рівень якості відповідно до формули (1.2) визначається зворотним відношенням:

$$Y_i = \frac{P_{i0}}{P_i} \quad (1.2)$$

Таким чином, поліпшення якості завжди призводить до зростання рівня якості за розглянутим показником.

Визначаємо показники якості, що характеризують установку для миття деталей:

- габаритні розміри;
- вантажопідйомність кошика;
- споживана потужність;
- маса;
- вартість.

Для обраних показників якості визначаємо і  $Y_i$  і заносимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1. - Порівняльна характеристика аналогів

Показник	Модель обладнання, що порівнюється		
	MAGIDO L35/08C	Simplex 80 HT AP	PYM 950 DOLFIN
Площа яку займає машина, м <sup>2</sup> $P_{io} = 0,51м^2$	0,51	1,18	1,47
$Y_i =$	1	0,43	0,35
Вміст корзини, кг $P_{io} = 150кг$	70	100	150
$Y_i =$	1	0,7	0,47
Потужність, кВт $P_{io} = 2,55кВт$	2,55	4,7	11
$Y_i =$	1	0,54	0,23
Вага обладнання, кг $P_{io} = 50кг$	50	110	200
$Y_i =$	1	0,45	0,25
Вартість, грн $P_{io} = 112600,0грн$	112600	184428	256000
$Y_i =$	0,44	0,11	0,36
Всього	4,44	2,24	1,66

## 1.4 Миючі засоби та їх характеристики

Для зовнішнього миття машин в основному використовується звичайна вода. Миття деталей машин у мийних камерах та установках виконується з використанням розчинів спеціальних миючих засобів певної WEISSератури. Забруднені деталі розміщуються в спеціальні кошики, що обертаються всередині миючої машини. Струмінь миючого розчину через форсунки під високим тиском, впливаючи на забруднення деталей, очищає їх.

Розчин найбільш використовуваних нині СМЗ наведено у таблиці 1.1 .

Таблиця 1.1 – Розчин найбільш використовуваних нині синтетичних миючих засобів, % по масі [1, 10, 11, 12]

Компоненти миючих засобів	Марка миючих засобів									
	МС-6	МС-8	МС-15	МС-17	Лабомід -101	Лабомід -203	МЛ-51	МЛ-52	Waiss	А Темп100
Тринатрійфосфат $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	-	-	-	-	-	-	34,5	30	20	20
Кальцинована сода $\text{Na}_2\text{CO}_3$	40	38	44- 42	40	50	50	44	50	40,5	40,5
Метасилікат натрію	29	29	28	28	16,5	10	-	-	20	20
Синтанол ДС-10	6	-	-	-	3,5	8	-	-	1,5	1,5
Триполіфосфат натрію $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	25	25	22	26	30	30	-	-	15	15
Карбамід	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	2,0
Алкісульфати	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
Синтамід-5	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
Нітрит натрію	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
Гексаметилендіамін	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2

Синтамід-510	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
Оксифос-Б	-	-	6-8	-	-	-	-	-	-	-
Рідке скло Na <sub>2</sub> O · SiO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	20	10	-	-
Оксифос КД-6	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5
Сульфанол НП-1	-	-	-	-	-	-	-	1,8	-	-
Змочувач ДБ	-	-	-	-	-	-	1,5	8,2	-	-

Примітка: Лабомід – лабораторія очищення машин та деталей; МС - миючий засіб (розробка МІСП); WEISS – технічний миючий препарат[6]

ТМП в основному використовують для чищення деталей у мийних камерах.

Водні розчини спеціальних мийних засобів технічного призначення дозволяють очищення деталей як з чорних, так і з кольорових металів без помітної корозії. Деталі та розчинні одиниці, які підлягають невеликому зберіганню (10-15 діб), не вимагають додаткового заходу з протикорозійної обробки після очищення водними розчинами зазначених засобів, оскільки ці засоби мають інгібуючий ефект [13].

Основним компонентом миючих засобів є ПАР, призначенням яких є ослаблення зв'язку частинок забруднень з поверхнею виробів, що очищаються. В якості лужних добавок для підвищення активності ПАР застосовують карбонати Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, силікати Na<sub>2</sub>O · SiO<sub>2</sub> · 9H<sub>2</sub>O та фосфати натрію Na<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub>.

СМЗ випускаються у вигляді сипучого, білого чи світло-жовтого порошку.

Вони добре розчиняються у воді, негорючі та нетоксичні.

Аналіз апріорної інформації [1, 10, 12, 13] дозволяє зробити висновок, що найбільш прийнятним засобом для миття деталей двигунів у ремонтному виробництві підприємств сільськогосподарського призначення є СМЗ (технічне) WEISS, який являє собою суміш ПАР, неорганічних солей і модифікуючих добавок.

Засіб WEISS призначений для видалення різних забруднень при ТО та ремонті тракторів, автомобілів, сільгоспмашин, їх агрегатів та деталей від масляних та асфальтово-смолистих забруднень, МОР, оксидів, сажисто-вуглецевих, атмосферних та експлуатаційних забруднень. , для знежирення деталей, обладнання, сталевих, чавунних, алюмінієвих, нікельованих, кадмованих, пофарбованих, гумових, пластмасових поверхонь перед операціями розчинання, нанесення лакофарбових, гальванічних та інших покриттів, для розконсервації поверхонь чорних та кольорових металів.

Основні властивості:

- обробка чорних, кольорових металів та їх сплавів;
- ефективно для обробки алюмінію;
- має низьке піноутворення;
- захищає поверхню від корозії період міжопераційного зберігання;
- має хорошу деемульгуючу здатність;
- нетоксично, пожежобезпечно, біорозкладно.

СМЗ WEISS випускається трьох модифікацій – WEISSД, який відрізняється більш високим вмістом ПАР та високим ступенем очищення сильно забруднених поверхонь.



Рис. 1.13. СМЗ WEISS

Рекомендовані умови застосування:

WEISSД застосовуються в машинах струминного типу:

- Температура робочого розчину – 50-90°C;
- концентрація робочого розчину –5-10 г/л;
- час обробки –2-5 хв.

WEISS – рідина помаранчевого кольору.

Його ефективність особливо проявляється при струминному миття забруднених вузлів та агрегатів, видаляючи смолисті відкладення та масляні забруднення, що сприяє підвищенню продуктивності праці та якості робіт при розбиранні агрегатів та дефектації деталей. Розчини WEISS у поєднанні із забрудненнями утворюють нестабільну емульсію, що легко розшаровується. Легкі забруднення спливають на поверхню розчину, а важкі осідають на дно ванни, завдяки цьому миючий розчин можна використовувати кілька разів.

Зазвичай концентрацію WEISS у розчині підтримують у межах 5-10 г/л, а температуру – 70-90°C. У його розчин завжди вводиться інгібітор підвищення його протикорозійних властивостей. WEISS дозволяє скоротити



час миття деталей на 20-30% порівняно з іншими СМЗ, забезпечуючи при цьому таку саму якість миття. На основі препарату WEISS розроблено інші його модифікації. Використання цих препаратів 1,5 рази підвищує протикорозійну стійкість вимитих деталей (до 8 днів) порівняно з іншими СМЗ. Препарат WEISS має поліелектроліт, який може руйнувати масляні емульсії.

Усі перелічені СМЗ біологічно розкладаються під час зливу в загальну каналізацію. З їх використанням можливе миття деталей і з легких сплавів, і кольорових, і з чорних металів. При цьому після миття деталей їх промивати чистою водою не потрібно.

Всі застосовувані в даний час СМС мають певні недоліки: невисока швидкість очищення, низькі миючі та інгібіторні властивості, низький ступінь очищення при видаленні асфальто-смолистих відкладень, велика енергоємність миття при їх використанні та інші.

З метою підвищення протикорозійних властивостей до розчину СМЗ включають інгібітори корозії, в основному хромати, які за ступенем небезпеки належать до другого класу небезпеки [13], токсичні та небезпечні, тому у своїй роботі ми маємо на увазі замінити токсичні та небезпечні інгібіторні добавки нетоксичними добавками.

## **1.5. Висновки за розділом 1**

1. У реальних умовах експлуатації та зберігання машини зазнають відкладення на їх поверхнях різних забруднень. До основних причин цього процесу слід віднести докілья. (Перепади температури, забруднення атмосфери, вологість).

2. Відповідно до технологічного процесу ремонту машин до переліку робіт з ремонту включаються зовнішнє миття машин, зовнішнє миття агрегатів, вузлів, а також миття окремих деталей після розбирання агрегатів та вузлів. Операції миття підвищують продуктивність праці під час проведення

ремонтних робіт, знижують трудові та матеріальні витрати та покращують умови праці ремонтників.

3. Для миття вузлів, агрегатів та деталей машин перед ремонтом використовують різні способи: струминний, у мийних камерах, зануренням у ванну з миючим розчином. З огляду на свої переваги найбільш використовуваним нині є спосіб миття з допомогою технології струминного впливу. З огляду на це і враховуючи наявність машини в сервісному центрі, для виробничих досліджень вибираємо мийну машину MAGIDO L123 виробництва Італія.

4. Аналізуючи характеристики використовуваних нині СМЗ, встановлено, що найбільш прийнятним засобом для миття деталей двигунів у ремонтному виробництві підприємств агропромислового комплексу є СМЗ (технічне) WEISS. Його основними недоліками можна назвати низькі миючі та протикорозійні властивості.

Нами визначено таку мету та завдання дослідження.

Мета даного дослідження полягає в підвищенні ефективності процесу миття деталей машин під час ремонту техніки. Результативність технологічного процесу миття визначається ступенем очищення та стійкістю до корозії поверхні деталей після миття, що залежить від режиму, методу миття, використовуваних засобів та обладнання. Вибір цих компонентів обумовлюється характером забруднень, розмірами та матеріалом деталей. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Покращити миючі і протикорозійні властивості синтетичного миючого засобу шляхом введення спеціальної добавки в розчин.
2. Здійснити експериментальні дослідження, спрямовані на визначення впливу співвідношення концентрацій СМЗ та спеціальної добавки в розчині на зміни миючих та протикорозійних властивостей розчину. Експериментально визначити оптимальні значення концентрацій компонентів у миючому розчині.

3. Дослідити можливість підвищення ресурсу відремонтованих агрегатів шляхом вдосконалення технологічного процесу миття деталей під час ремонту техніки.
4. Перевірка результатів дослідження в умовах виробництва та їх техніко-економічна оцінка.

## РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ВІДРЕМОНТОВАНИХ АГРЕГАТІВ

### 2.1 Фактори, що впливають на ресурс машин, та їх аналіз

Залежність ресурсу машини від корозійної стійкості її деталей є суттєвою. Корозійна стійкість машини закладається при її конструюванні, забезпечується при виробництві та підтримується на стадії її експлуатації [5].

Після закінчення деякого часу роботи машини настає порушення її працездатності, під яким розуміється зупинка її роботи з технічних причин, які можуть виникати і виникають з різних причин (через поломку елемента, внаслідок досягнення граничного стану та ін.). Однією з причин настання граничного стану та зниження ресурсу деталей машин є корозія.

Через корозію відбувається суттєва втрата металу, що становить близько 10% від обсягу металу, що щорічно виплавляється. Руйнування металевих конструкцій, зниження якості чи втрата здатності механізмів виконувати свої функції, аварії та нещасні випадки на виробництві через різке зниження міцності елементів машин – це не повний перелік шкідливих наслідків корозії металів, які відносяться до непрямих збитків від корозії.

Втрати, викликані корозією, становлять близько 10% від обсягу металу, що випускається. Це призводить до руйнування конструкцій, зниження якості продукції, а також до аварій і нещасних випадків на виробництві. Щорічні прямі збитки від корозії можна порівняти з вкладеннями держави у найбільшій галузі народного господарства. Розміри непрямих збитків значно вищі. Поруч із прямими й опосередкованими збитками є ті, що не піддаються економічній оцінці наслідки корозії: забруднення довкілля, аварійні ситуації, збіднення природних ресурсів, зниження родючих ґрунтів та інших [7]. З корозією машин всерйоз почали боротися із середини минулого століття, тому що саме до цього часу довкілля забруднилося настільки, що воно почало агресивно впливати на металеві конструкції [4, 5].

З цієї причини захист машин від корозії є одним із найактуальніших завдань.

Термодинамічним показником для хімічної корозії є хімічний потенціал металу (2.1) [5]:

$$\mu = \mu_0 + RT \ln\left(\frac{c_k}{c_0}\right) \cdot f_k \quad (2.1)$$

де  $R$  – універсальна газова стала, 8,314 Дж/моль·К;

$\mu_0$  – стандартний хімічний потенціал;

$T$  – термодинамічна Температура,

$c_k$  – кінцева концентрація катіонів металу, моль/л;

$c_0$  – початкова концентрація катіонів металу, моль/л;

$f_k$  – коефіцієнт активності частинок.

Для електрохімічної корозії термодинамічним показником є електродні потенціали металів, що визначаються за рівнянням Нернста (2.2) [14]:

$$E_{Me} = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{Me^{n+}} \quad (2.2),$$

де  $R$  – універсальна газова стала, 8,314 Дж/моль·К;

$E_0$  – стандартний електродний потенціал металу, В;

$T$  – термодинамічна температура, К;

$F$  – постійна Фарадея, 96 500 Кл;

$n$  – число електронів, що беруть участь у процесі;

$a_{Me^{n+}}$  – активність іонів металу в розчині [14].

Здатність металів вступати у корозійні процеси відображається термодинамічним показником. Швидкість корозії у металах можна визначити з урахуванням змін (механічних, електричних, оптичних, структурних та

інших) [5], які проходять у кородуючих металах протягом певного проміжку часу.

Методи дослідження та оцінки корозії металів поділяються на якісні та кількісні [4, 5].

До якісних методів відносяться зовнішній вигляд (забарвлення); поява продуктів корозії, каламуті; мікроскопічні методи; оптичні методи; застосування індикаторів на катодних та анодних ділянках [15].

Для кількісного виміру корозії металів застосовуються вагові, об'ємні, електричні, електрохімічні, магнітометричні, манометричні та інші методи.

Величину корозії по зміні механічних властивостей оцінюють шляхом вимірювання межі міцності та щодо відносного подовження [15].

Показником щодо швидкості корозії ваговим методом є показник швидкості корозії [15]:

$$K = \frac{M_1 - M_2}{S \cdot t} \left[ \frac{g}{m^2 \cdot p} \right] \quad (2.3)$$

де  $M_1$  – маса зразка у початковому стані;

$M_2$  – маса зразка після корозії;

$t$  – час випробування;

$S$  – площа зразка.

Під час подальших досліджень залежність (2.3) була перетворена на (2.4) з урахуванням габаритних розмірів дослідних зразків та коефіцієнтів [5]:

$$K = \frac{M_1 - M_2}{2[ab + (a+b)c] - \frac{\pi d^2}{2} + \pi dc} \times \frac{1000 \times 8760}{T}, \quad (2.4)$$

де  $M_1$  – маса у вихідному стані, г;

$M_2$  – маса після корозії, г;

$T$  – час випробування, рік;

$a, b, c$  – лінійні розміри досліджуваного зразка, мм;

$\pi = 3,14 \dots$  - Математична постійна величина;

8760 – коефіцієнт для переведення годин на рік;

1000 – коефіцієнт для переведення кг в г.

При кількісній оцінці корозії металів необхідно враховувати чинник нерівномірності корозії [15]:

$$n = \frac{S_k}{S_0} \cdot 100\%, \quad (2.5)$$

де  $S_k$  – прокорродована поверхня зразка, м<sup>2</sup>;

$S_0$  – загальна поверхня зразка, м<sup>2</sup>.

Потенціостатичні дослідження, розглянуті нами у розділах 3 та 4, належать до електрохімічних методів дослідження корозії.

Протикорозійна стійкість деталей пояснюється наявністю захисної плівки на їх поверхні, яка утворюється за рахунок інгібіторів корозії, присутніх в багатоконпонентному миючому розчині. Зазначимо, що захисна плівка утворюється не тільки за рахунок інгібіторів корозії. Продукти корозії теж можуть бути захисною плівкою.

На поверхні деяких металів в умовах кімнатної температури в результаті контактування з повітрям може сформуватись найтонша окисна плівка. Щоб цей шар оксидів захищав метал від корозії, він повинен мати хороші адгезійні властивості, суцільність, стійкість до агресивного середовища.

Залежно від товщини захисної плівки бувають:

- тонкими (< 40 нм);
- середньої товщини (40-500 нм);
- товстими (> 500 нм).

Суцільність захисної плівки можна визначити із співвідношення:

- $V_{ок} > V_{Me}$  – суцільна плівка;

–  $V_{ок} < V_{Me}$  – несуцільна плівка,

де  $V_{ок}$  – обсяг оксиду;

$V_{Me}$  – обсяг металу.

Підраховано [112]:

$$V = \frac{A}{d}, V_{ок} = \frac{M_{ок}}{nD_{ок}}, \quad (2.6)$$

де  $d$  – щільність металу;

$A$  – атомна вага металу;

$M_{ок}$  – молекулярна маса оксиду;

$D_{ок}$  – щільність оксиду;

$n$  – число атомів металу в молекулі оксиду.

Звідси випливає, якщо

$$\frac{V_{ок}}{V_{Me}} = \frac{Md}{nDA} < 1, \text{ плівка не суцільна;}$$

$$\frac{V_{ок}}{V_{Me}} = \frac{Md}{nDA} > 1, \text{ плівка суцільна.}$$

Руйнування захисних плівок може відбуватися у вигляді мікропухирців, пухирців без розриву та з розривом, розтріскування, відшаровування.

Однією з класифікаційних ознак корозії є середовище, де протікає процес корозії, залежно від цього корозія класифікується на рідинну, газову, підземну та ін.

Процес газової корозії протікає в камері згоряння ДВЗ та випускному тракті машини. Швидкість перебігу газової корозії значною мірою залежить від підвищення температури вище  $600^{\circ}\text{C}$ . За такої температури чавун і вуглецева сталь швидко окислюються з утворенням окалини – продукту газової корозії.



У процесі експлуатації ресурс машин постійно знижується. Це пояснюється корозією, зношуванням, втратою матеріалів виготовлення деталей, які підвищують ймовірність настання несправностей, відмов. Нова машина в порівнянні зі старою, завжди має більший ресурс.

Основним завданням технічної експлуатації техніки є забезпечення більшого ресурсу після ремонту та в процесі експлуатації.

Формування рівня ресурсу відремонтованих агрегатів (двигуна) можна охарактеризувати наступними особливостями, представленими в схемі (рис. 2.1).

Як основні узагальнені показники оцінки рівня ресурсу відремонтованих агрегатів можна використовувати ймовірність збереження працездатності при коефіцієнті ресурсу  $\approx 1,0$ .

Для досягнення необхідного рівня ресурсу машин повинні брати участь проектні підприємства (їх структурні підрозділи), які здійснюють виготовлення та експлуатацію, а також ремонт та ТО машин. Зазначимо, що ресурс впливає на експлуатаційні продуктивність та економічність машини. Експлуатаційна економічність визначається втратами від простою машин через несправність.

Підвищення ресурсу машини – це питання, з яким працюють багато вчених і фахівців сільськогосподарського машинобудування, так як у зарубіжних машин, як показує практика, ресурс у 1,5-2 рази вищий, ніж у вітчизняних.

Завод-виробник встановлює середній ресурс агрегатів та систем машини. Але кожен користувач, дотримуючись правил експлуатації, ТО та ремонту, дбайливо ставлячись до своєї машини, може збільшити її ресурс.

Одним із шляхів, що визначають збільшення ресурсу машин, можна назвати вдосконалення технологічного процесу миття деталей.

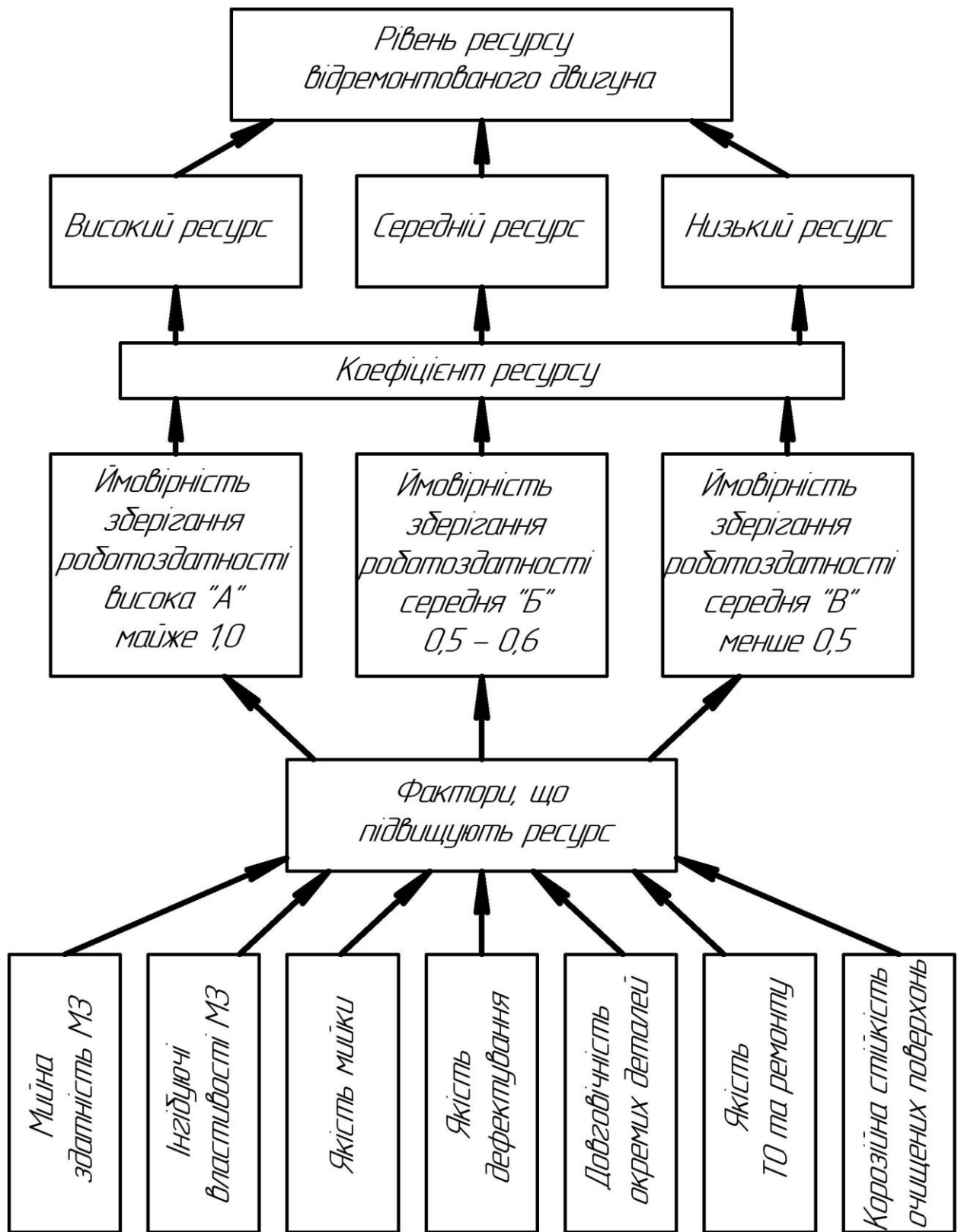


Рис. 2.1 – Схема формування рівня ресурсу відремонтованого двигуна

Так, добавка тетраборату амонію (ТБА) у кількості 5 г/л у 5% водний розчин WEISS при митті деталей в процесі ремонту двигунів Д-240 тракторів

MT3-80, збільшує ресурс двигунів Д-240 більше, ніж на 19%. Це зумовлено тим, що присутність ТБА в миючому розчині сприяє формуванню на поверхні деталей тонкої захисної плівки, яка підвищує корозійну стійкість деталей, що омиваються. Другою причиною збільшення ресурсу відремонтованих двигунів є підвищення ступеня очищення поверхонь деталей, що пояснюється впливом ТБА на поліпшення миючих властивостей розчину WEISS, що забезпечує високу якість дефектуючих робіт.

Суворе дотримання періодичності проведення, виконання повного переліку робіт за видами ТО та ремонту, застосування прогресивних технологій є обов'язковим для підтримки та підвищення ресурсу машин.

У цій роботі нами доведено, що застосування розробленого миючого розчину для миття деталей вузлів та агрегатів при ремонті сприяє підвищенню ресурсу машин.

### **2.3 Механізм миючої дії багатокomпонентного розчину на забруднення деталей**

Технологічний процес миття – це комплекс паралельно-послідовних фізико-механічних та фізико-хімічних процесів. В основі цих процесів лежать такі явища як змочування, адсорбція, диспергування, у тому числі емульгування, стабілізація та коагуляція дисперсій, пептизація, адгезія, набухання, розчинення та піноутворення [5].

Комплекс, перелік і повнота перерахованих явищ у процесі миття залежить від поверхні, що обмивається, виду забруднення, очищуваного середовища, розчину, температури, механічної та хімічної активності миючого розчину.

Першою фазою процесу миття є змочування. У процесі миття миючий розчин і поверхню, що обмивається, контактують один з одним. Миюча дія розчину визначається ступенем цього контакту: чим вище ступінь контакту,

тим вище миюча дія розчину, і навпаки, чим нижчий ступінь контакту, тим нижча миюча дія розчину.

Змочуваність визначається крайовим кутом  $\theta$ , який утворюється між проекцією дотичної, проведеної до поверхні рідини з точки контакту твердої –  $t$ , рідкої –  $p$  і газоподібної –  $g$  поверхонь, і самої дотичної (рис. 2.2). Крайовий кут визначає адгезійні та когезійні властивості миючої рідини.

Якщо крайовий кут тупий, то когезійні властивості переважають над адгезійними і поверхня, що очищається, не змочується розчином (рис. 2.2, а). Якщо крайовий кут гострий, то адгезійні властивості переважають над когезійними і поверхня, що очищається, змочується розчином (рис. 2.2, б). Миття забруднених поверхонь деталей можливе лише за  $0^\circ < \theta < 90^\circ$  і  $\theta = 0$  (рис. 2.2, б і в).

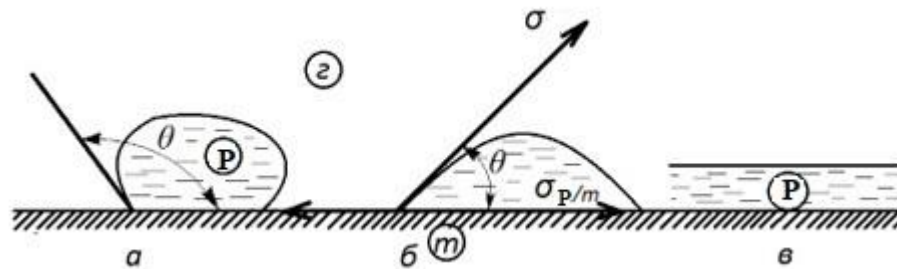


Рис. 2.2 – Крайові кути змочування поверхні, що обмивається:

а –  $90^\circ < \theta < 180^\circ$  – мізерно мала змочуваність;

б –  $0^\circ < \theta < 90^\circ$  – задовільна змочуваність;

в –  $\theta = 0$  – змочуваність повна.

Поверхні, що змочуються звичайною водою, є гідрофільними.

Поверхні, які не змочуються звичайною водою (вода не розтікається поверхнею, а утворює крапельки), є гідрофобними.

Гідрофільні забруднення намокають, розтікаються поверхнею деталей і змиваються струменем води. Але повного змочування досягти практично неможливо.

Для поліпшення змочування гідрофобних забруднень у розчині миючих розчинів повинні бути ПАВ.

Молекули ПАР можуть розташовуватися у воді таким чином, що їхня гідрофільна частина (полярна «головка») занурюється у воду, а гідрофобна (вуглеводнева «хвостова» сторона) частина повертається доверху (рис.2.3). Це відбувається з тієї причини, що гідрофільна частина ПАР розчиняється у воді, а гідрофобна спливає назовні. Таке явище сприяє тому, що молекули ПАР переважно концентруються на поверхні розділу фаз і називається адсорбцією.



Рис.2.3 – Концентрація молекул ПАР на поверхні поділу фаз: повітря–розчин ПАР.

Адсорбція являє собою мимовільний процес, тому їй властиво зменшення вільної енергії.

Речовину, що накопичує на своїй поверхні інші речовини, називають адсорбентом, а речовини, що концентруються на поверхні, називають адсорбтивами. Звідси випливає, що роль миючого компонента у розчині СМЗ виконують ПАР, а роль інгібіторів – спеціальні протикорозійні добавки.

Утворення емульсії шляхом переходу частинок забруднення до обсягу миючого розчину називається емульгуванням. Емульсія є консистенцією рідин, які не розчиняються, а розподіляються в один одному у вигляді дрібних крапель.

ПАР активізують процес переходу частинок забруднення в розчин (рис. 2.4), де вони подрібнюються та містяться у розчині. Цей процес називають

диспергуванням. Дуже важливо, щоб миючий розчин виключив можливість осідання частинок забруднень на поверхню деталей, що обмиваються.

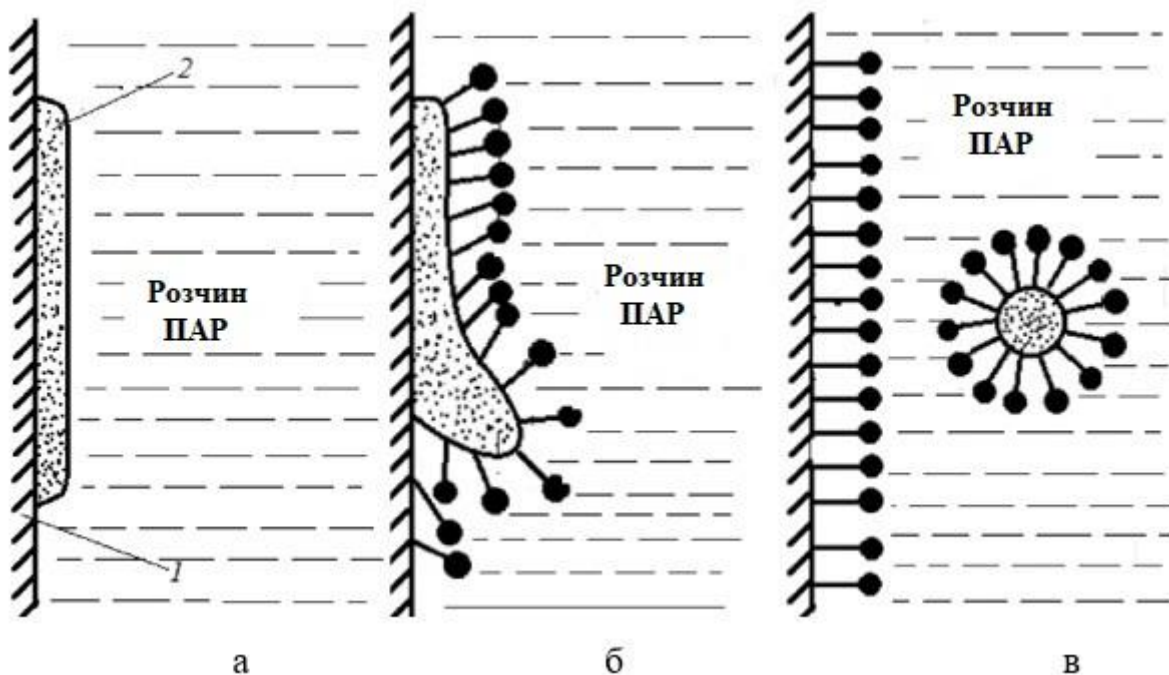


Рис. 2.4 – Схема переходу частинок масляного забруднення обсяг розчину:  
 1–деталь; 2–забруднення; а – вихідний стан; б – збільшення обсягу та утворення крапель забруднення; в – емульгована крапля олії.

Стабілізатор – це речовина, яка перешкоджає злиттю крапель.

Роль стабілізатора в миючому розчині переважно виконують емульгатори (рис.2.5).

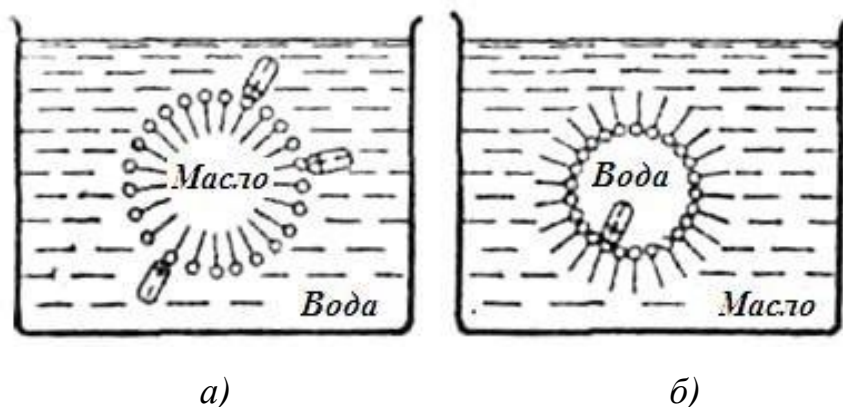


Рис.2.5 – Стабілізація емульсій: а) – пряма; б) – зворотна

Солюбілізацією називають здатність миючого розчину утримувати у своєму обсязі частки забруднень. Іноді її називають колоїдним розчиненням. Солюбілізація підвищує температурну стійкість миючих розчинів при охолодженні та нагріванні.

Пептизацією називають процес підвищення роздробленості (дисперсності) частинок забруднення [16]. Присутність пептизаторів у розчині сприяє ослабленню зв'язків між роздробленими частинками забруднень, утворенню суспензії (знаходження твердих частинок забруднень у завислому стані обсягом розчину).

Технологічний процес миття, внаслідок реакції гідролізу при розчиненні СМЗ у воді, може протікати з рясним піноутворенням.

Піни – великі бульбашки газу в розчині, розділені плівковими стінками, і утворюють дисперсійне середовище.

Причиною утворення піни в миючому розчині є потрапляння повітря в процесі перемішування СМЗ. Піна поглинає в собі частинки бруду з розчину і з поверхонь деталей, що обмиваються. У зв'язку з тим, що як занадто рясне, так і недостатнє піноутворення знижують якість миття деталей, кількість піни регулюють додаванням в розчини піногасників (алкіламіни, ефіри, спирти).

Молекули ПАР на стінках бульбашок розташовуються так само, як на поверхні миючого розчину: гідрофобними кінцями до повітря, гідрофільними – до води. Пухирці повітря виявляються ув'язненими в плівку, внутрішня сторона якої є гідрофобною, а зовнішня – гідрофільною [5].

Для запобігання повторному осадженню частинок забруднень на поверхні деталей, що обмиваються, до розчину СМЗ додаються спеціальні полімери, які запобігають резорбції.

Після завершення процесу миття молекули миючого засобу осідають на поверхні частинок забруднень та вимитої поверхні, ізолюючи їх одна від одної та перешкоджаючи укрупненню частинок забруднень.

Процес миття деталей включає три стадії (рис.2.6):

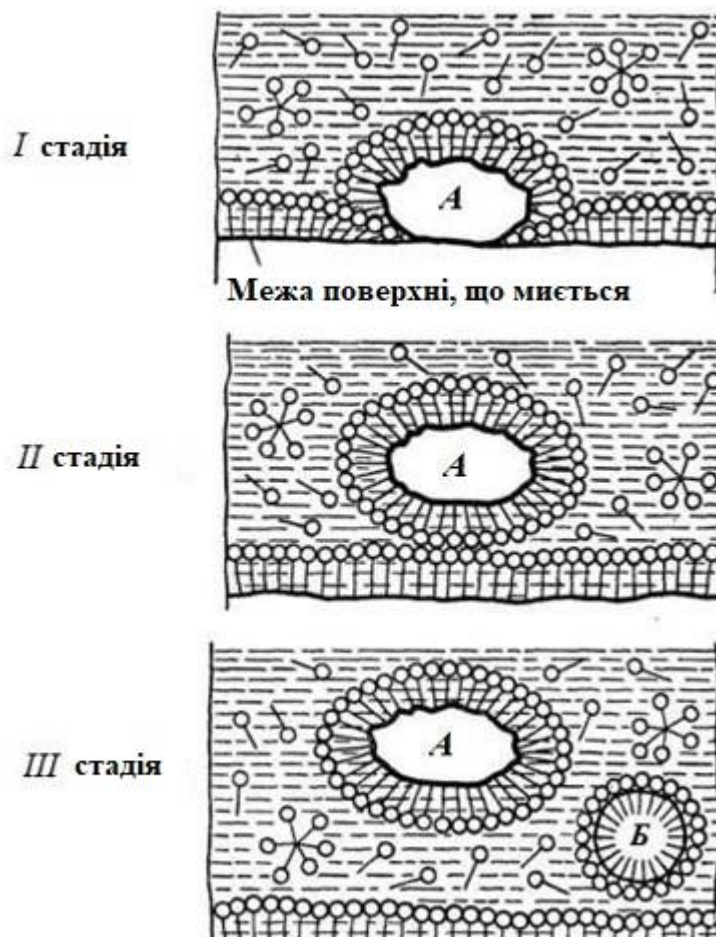


Рисунок 2.6 – Стадії процесу миття деталей

- I стадія – молекули ПАР концентруються на поверхні частки забруднення й поверхні деталі;
- II стадія – частка забруднення відокремлюється від поверхні деталі, що відмивається;
- III стадія – рідка частка забруднення спливає на поверхню миючого розчину, а тверда – осідає на дно ванни.

Поверхнево-активна речовина за рекомендаціями Міжнародної комісії з термінології Міжнародного комітету з ПАР визначається як речовина, здатна з розчину (справжнього або колоїдного) в рідкому середовищі адсорбуватися на поверхні розділу фаз [рідина – газ (пар), рідина – рідина, рідина – тверде тіло] з відповідним зниженням вільної енергії (поверхневого натягу) на цій поверхні.

ПАР поділяються на іоногенні та неіоногенні (рис.2.7).



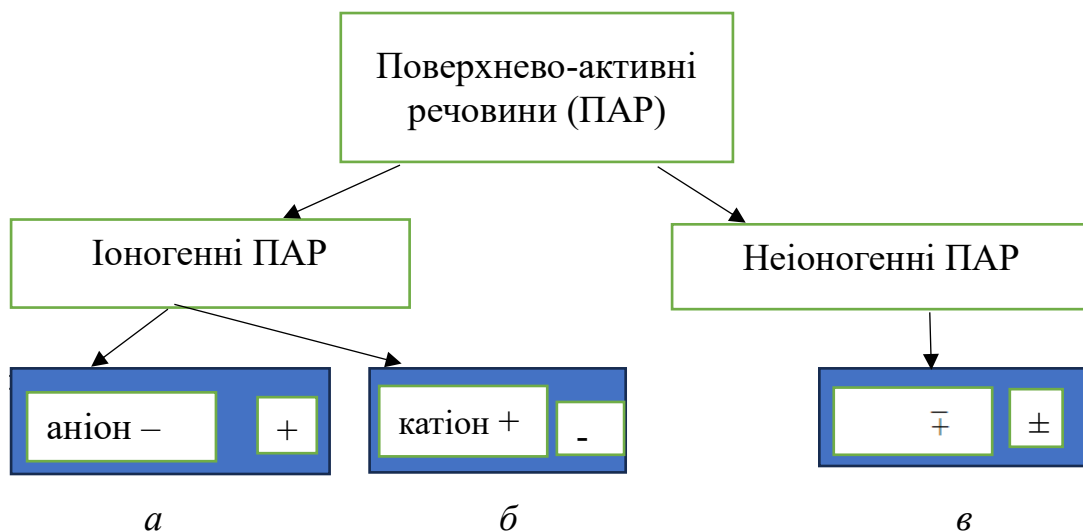


Рис.2.7 – Класифікація ПАВ із зображенням схеми їх молекул:  
*a* – аніоноактивні; *б* – катионоактивні; *в* – неіоногенні

Іоногенні ПАВ – це ПАВ, здатні дисоціювати у воді. За характером іонів вони діляться на дві основні групи [16]. Якщо вуглеводнева частина молекули ПАВ входить до розчину аніону, то сполуку відносять до аніоноактивних ПАВ (рис.2.7, *a*). Відповідно катионоактивні ПАВ (рис.2.7, *б*) утворюють у водних розчинах катіони, що містять вуглеводневі радикали.

Молекули неіоногенних ПАВ містять полярні групи, що не іонізуються, до розчину яких входять атоми кисню, азоту і сірки. Одні автори припускають, що неіоногенні ПАВ можуть виявляти властивості аніоноактивних ПАВ, інші стверджують, що вони здатні проявляти катионоактивний характер [5]. Ці твердження умовно показані на рис.2.7, *в*.

Насправді все відбувається досить розчинніше, тому що активність неіоногенних ПАВ пояснюється величезною кількістю гідрофільних груп, що не іоногенеруються.

Забруднення поверхні деталей поділяється на три умовні шари (рис.2.8) [5]:

- *a* – зовнішній шар, що розчинається з пилу та інших легковидільних домішок;
- *б* – середній шар, що розчинається з більш щільних компонентів і для видалення вимагає спеціальних механізмів;

– в – внутрішній шар, розчинається з компонентів підвищеної міцності й для видалення вимагає використання СМЗ та спеціальних добавок до них.

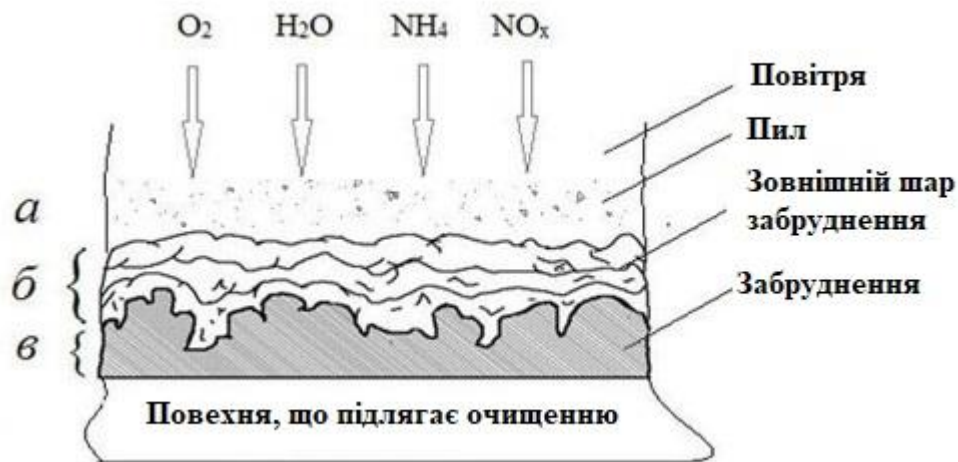


Рис.2.8 – Загальний вид забруднення на поверхні машин

Зовнішній шар забруднення можна легко видалити, впливаючи на нього струменем стисненого повітря чи води.

На середній шар постійно впливає атмосфера, шкідливі гази та вологість атмосферного повітря, що підвищує його міцність, тому його повне видалення під впливом напору струменя води неможливе.

Внутрішній шар має досить сильний зв'язок з поверхнею, що очищається, тому для повного його видалення часто потрібне миття в мийних камерах або виварювання в мийних ваннах.

При ударі струменя рідини об поверхню деталі, що обмивається, виникають дотичні і нормальні напруги, які механічно руйнують шар забруднення, його адгезійно-когезійні зв'язки, що сприяє видаленню забруднень з поверхні деталі. Видалення шару забруднення відбувається тоді, коли сила удару струменя об поверхню деталі, що обмивається, переважає хоча б над однією з міцнісних характеристик (адгезійних або когезійних) забруднень.

Сила удару струменя ( $P$ ) визначатиметься за формулою [15]:

$$P = m_0 \cdot v_0 \cdot (1 - \cos\alpha) = \rho \cdot \omega_0 \cdot v_{02} \cdot (1 - \cos\alpha) (H), \quad (2.7)$$

де  $m_0$  – секундна маса рідини, кг/с;

$v_0$  – швидкість потоку (швидкість витікання води із сопла), м/с;

$\alpha$  – кут відтікання струменя від точки зустрічі з перепоною, рад;

$\omega_0$  – живий перетин струменя, що набігає, м<sup>2</sup>;

$\rho$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>.

Отже, сила удару струменя прямо-пропорційна швидкості потоку, яка визначається за формулою (2.8):

$$v_0 = \varphi \cdot \sqrt{2gH}, \quad (2.8)$$

де  $\varphi = 0,475 - 0,98$  - коефіцієнт швидкості потоку. Залежить від форми отвору та типу насадки;

$H$  - напір води, м;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Силу удару струменя  $P$ , не змінюючи витрату води  $Q$ , можна збільшити шляхом зменшення діаметра сопла  $d$  і збільшення швидкості закінчення води. Це впливає з формули (2.8) з урахуванням формули для визначення витрати води через вільний переріз насадки діаметром  $d$ :

$$Q = \frac{\pi d^2 v_0}{4 \cdot 1000} \quad (2.9)$$

Умови відриву частинки забруднення від поверхні деталі, що обмивається визначаються за рис.2.9 із схеми сил впливу струменя рідини на частинку забруднення.

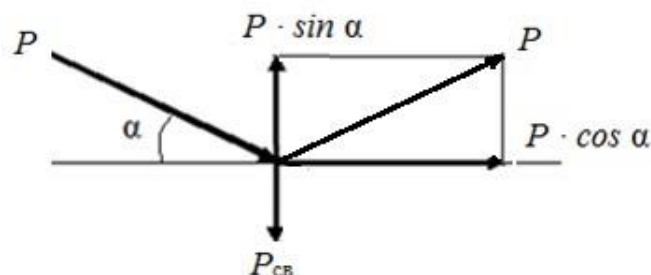


Рис.2.11 – Схема сил впливу струменя рідини на частину забруднення поверхні деталі

при струменевому очищенні статистичний напір рідини перетворюється на динамічний тиск. Умовою видалення забруднень є перевищення динамічних тисків рідини над властивостями міцності забруднень:

$$P \cdot \sin\alpha \gg P_{св} \quad (2.10)$$

При цьому факторами, що визначають ефективність видалення забруднень із поверхонь деталей є:

- Температура миючої рідини [10];
- швидкість струменя рідини;
- хімічна активність миючого розчину;
- кут розтікання струменя;
- профіль насадки.

Існує багато способів оцінки ступеня очищення поверхонь після миття деталей: візуальний, кількісний та інші. При кількісній оцінці використовують гравіметричний метод та ступінь очищення визначають за формулою [112]:

$$C_{оч.} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%, \quad (2.11)$$

де  $M_1$  – маса забруднення на випробуваних зразках до миття, г;

$M_2$  – маса забруднення, що залишилося на зразках після миття, г.

Для комплексної оцінки СМЗ недостатньо визначення ступеня очищення поверхонь забруднень. Важливе значення для цього має здатність СМЗ підвищувати протикорозійну стійкість поверхні деталей, що обмивається, за рахунок утворення на ній тонкої захисної плівки, що виключає додаткову

обробку деталей різними консерваційними розчинами, наприклад, інгібованим водно-восковим розчином (ІВВС), захисною водно-восковою дисперсією.

#### **2.4 Висновки за розділом 2**

1. Доведено, що ресурс двигунів машин у процесі ремонту може бути підвищений за рахунок удосконалення технологічних процесів миття деталей.

2. Встановлено, що низькі ступінь очищення та протикорозійна стійкість вимитих деталей через низьку ефективність процесу миття сприяють порушенню працездатності та низькому ресурсу машин. Відомо, що підвищенням якості очищення деталей міжремонтний ресурс машин можливо збільшити на 20-30%, продуктивність праці – до 8%.

3. На рівень ресурсу машин нарівні з іншими факторами впливають: властивості миючого розчину; ступінь очищення поверхонь деталей; якість дефектування деталей; корозійна стійкість очищених поверхонь; ресурс окремих деталей; якість ТО та ремонту.

## РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МИЙНИХ ЗАСОБІВ, МЕТОДИКА ЇХ ПРОВЕДЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1 Опис установки для дослідження мийних властивостей різних мийних розчинів

Для аналізу миючих властивостей розчинів у лабораторних умовах використовувалася спеціальна лабораторна мийна установка (рис. 3.1) [5].

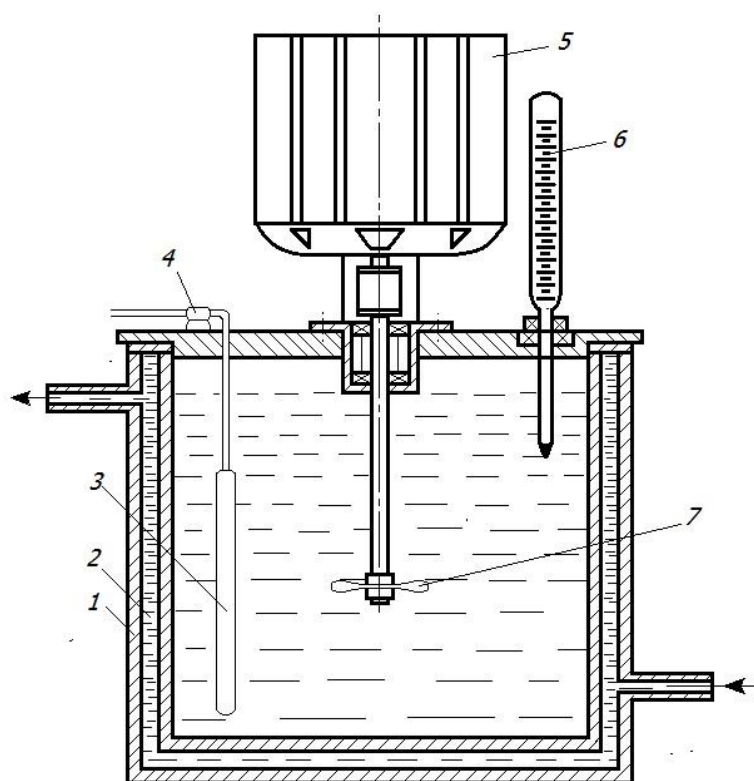


Рис.3.1 – Дослідна установка для дослідження мийних розчинів:

- 1 – ємність для розчинів;
- 2 – система охолодження; 3 – дослідний зразок; 4 – система кріплення зразка; 5 – електродвигун; 6 – пристрій для вимірювання температури; 7 – перемішувач рідини

Температуру розчину у 1-літровій ванні підтримували, прокачуючи гарячу воду через систему охолодження. Активували розчин у ванні за допомогою перемішувача.

Для визначення миючої здатності розчину використовували сталеву пластину розміром 30 x 100 x 2 мм, яка була шліфована з одного боку. Модельне забруднення складалося з суміші відпрацьованого дизельного (моторного) масла та смолистих відкладень з центрифуги у співвідношенні 2:1.

Для фіксації зразків в мийній установці використовувалась система кріплення (№4), а температуру рідини контролювали за допомогою вимірбювального пристрою (№6). Методика виконання досліджень миючих властивостей розчинів описана в і була такою:

1. Підготовка зразків включає такі етапи:
  - Видалення продуктів корозії.
  - Знежирення поверхні зразків з одного боку за допомогою віденського вапна.
  - Промивання холодною водою.
  - Просушування між листами фільтрувального паперу.
2. Вимір розмірів зразків.
3. Зважування зразків із записом даних у таблицю 3.1.
4. Нанесення модельного забруднення у кількості 0,1 г на знежирену поверхню зразків рівномірним шаром. Зразки витримують на повітрі протягом 30 хвилин. Після цього проводиться зважування зразків із забрудненням та фіксація даних.
5. Розміщення зразка із модельним забрудненням у мийну установку.
6. Наповнення ванни мийної установки 1 літром миючого розчину та його прогрівання до температури, встановленої відповідно до програми випробування.
7. Визначення миючої здатності розчинів.
8. Визначення змочуваності миючих розчинів.
9. Занесення отриманих даних до таблиці.

Миючу здатність оцінювали за допомогою вагового методу, що базується на визначенні відсотка видалення забруднень з поверхні деталі.

$$C = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\% , \quad (3.1)$$

де  $M_1$  – вага дослідного зразка з нанесеним забрудненням, г;

$M_2$  – вага дослідного зразка, після очищення, г.

У цьому випадку забруднення наносяться лише на один бік зразка, оскільки при двосторонньому нанесенні забруднення, важко проводити зважування зразка на терезах, що може ускладнити процедуру та призвести до можливих помилок у визначенні маси нанесеного забруднення.

### 3.2 Зразки для проведення досліджень та їх процес підготовки

Для проведення лабораторних експериментів використовували експериментальні зразки з розмірами 30x100x2 мм, які були виготовлені із листової сталі (див. рис. 3.2).

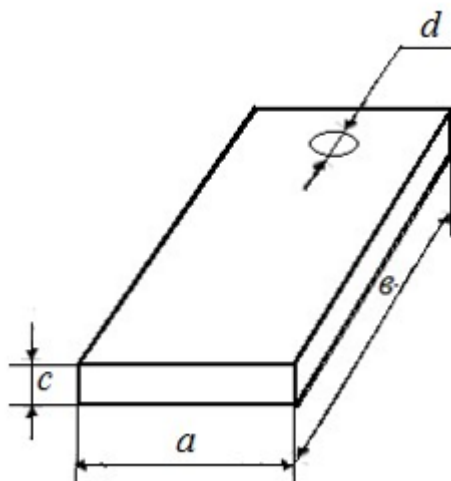


Рис. 3.2 відображає експериментальний зразок із сталі 40Х, де  $a$  - ширина,  $b$  - довжина,  $c$  - товщина,  $d$  - діаметр отвору.

Вибір сталі 40Х як матеріалу для експериментальних зразків обумовлено тим, що більшість деталей двигунів Д-240 виготовлені саме з цієї сталі. Підготовку зразків до експерименту проводили відповідно до визначеної методики.



Для забруднення використовували пензлик, зберігали масу зразка із забрудненням, у кронштейні формували пакети по 5 зразків, встановлювали кронштейн в лабораторну установку та мили зразки. Визначення ступеня очищення, протикорозійної стійкості, швидкості корозії (зменшення маси з одиниці площі в одиницю часу,  $\text{г/м}^2 \cdot \text{рік}$ ), відносної похибки вимірювань габаритних розмірів та визначення маси зразків проводили за методикою, описаною в 3.1.

### **3.3 Методика дослідження з'єднання бору як добавки для покращення властивостей розчину WEISS**

Методика дослідження з'єднання бору як добавки для покращення властивостей розчину WEISS включала проведення експериментів з дотриманням певних умов. Оскільки відсутні способи оцінки ефективності тетраборату амонію (ТБА) як добавки для поліпшення миючих та інгібіторних властивостей розчину WEISS, визначення проводили на основі результатів експериментальних досліджень.

Проведено наступні варіанти експериментів:

1. 5% розчин WEISS без добавки ТБА (контроль).
2. 5% розчин WEISS з добавкою ТБА.

Експерименти виконувалися з урахуванням таких умов:

- Концентрація WEISS у водному розчині,  $\text{г/л}$  - 70 (5% розчин).
- Активізуюча добавка - ТБА.
- Матеріал зразків - сталь 40Х.
- Температура розчинів,  $^{\circ}\text{C}$  - 85-90.
- Метод вимірювання (спостереження) - гравіметричний та візуальний за допомогою лупи дворазового збільшення.

У ході експериментів фіксувалися такі показники:

- Ступінь очищення зразків, %.
- Тривалість часу до появи перших осередків корозії на зразках, діб.

Інгібіторні властивості досліджуваної добавки оцінювалися за такими критеріями [14].

Швидкість корозії ( $\rho$ ) визначали за втратою маси зразків, віднесеної до одиниці поверхні за одиницю часу за формулою [14]:

Швидкість корозії ( $\rho$ ) визначалася шляхом врахування втрати маси зразків, яка була віднесена до одиниці поверхні за одиницю часу, і використовувалася наступна формула [14]:

$$\rho = \frac{m_0 - m}{S \cdot t},$$

де  $m_0, m$  – вага дослідних зразків, відповідно перед проведенням досліду і після, г;

$S$  – площа яку покриває бруд, м<sup>2</sup>;

$t$  – тривалість дослідження, год.

Інгібіторний ефект, що вказує на те, наскільки разів інгібітор зменшує швидкість корозії, визначався за допомогою формули [14]:

$$\gamma = \frac{\rho_0}{\rho},$$

де  $\rho_0, \rho$  – швидкість корозійного процесу з інгібітором і за відсутності останнього.

Визначення ступеня захисту, що вказує на повноту пригнічення корозії, проводили у відсотках [14]:

$$Z = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho} 100\%$$

Виробничі умови оцінювання інгібіторних властивостей тетраборату амонію (ТБА) включали в себе визначення тривалості часу до виявлення перших ділянок корозії на поверхні вимитих зразків. Це відбувалося в атмосферних умовах ділянки технічного обслуговування і ремонту [12]. Оцінку здійснювали візуально за допомогою лупи збільшення один раз на добу.

### **3.4. Дослідження оптимального складу розчину для миття деталей**

Для визначення оптимальної концентрації WEISS у водному розчині проводили аналіз ступеня очищення (%) поверхні зразків із сталі 40X від забруднень, а також вивчали їхню стійкість до корозії до та після миття в водному розчині WEISS. Оцінку протикорозійної стійкості очищених зразків проводили, визначаючи часовий інтервал від моменту завершення миття до появи перших ознак корозії на їхній поверхні в атмосферних умовах ділянки технічного обслуговування та ремонту машин [12].

Умови експерименту включають наступні параметри:

- Час очищення зразків – 5 хв;
- Концентрація WEISS у очищувачому розчині, % (0; 1; 3; 5; 7; 9);
- Температура миючого складу – 85-90°C;
- Забруднення – штучне;
- Кількість зразків у варіанті – 5;
- Вихідний результат – ступінь очищення, %, протикорозійна стійкість, діб.

Під час статистичної обробки отриманих результатів було визначено кореляційні залежності між різними параметрами, а також проведено регресійний аналіз. Для більш зручного візуального сприйняття результатів вони були відображені у вигляді графіків.

Математична статистична обробка результатів включає три етапи [16].

Перший етап включає перевірку належності виходів до генеральної сукупності, різко відрізняючи їх за допомогою критерію Стюдента  $\tau$ . Цей критерій передбачає виключення викидів із масиву результатів.

У першому варіанті, WEISS розчину не додавався, тобто його концентрація дорівнювала 0%.

Вихідні результати щодо ступеня очищення складають: 10,26; 11,76; 11,18; 13,53; 10,85% .

За результатами ранжування: 10,26; 10,85; 11,18; 11,76; 13,53; .

Лівий член складе [12]:

$$\tau_{\text{лів}} = \frac{y_2 - y_1}{y_5 - y_1} = \frac{10,85 - 10,26}{13,53 - 10,26} = \frac{0,59}{3,27} = 0,18 < \tau_{\text{табл}} = 0,807;$$

Правий член [12]:

$$\tau_{\text{прав}} = \frac{y_n - y_{n-1}}{y_n - y_1} = \frac{13,53 - 11,76}{13,53 - 10,26} = \frac{1,77}{3,27} = 0,541 < \tau_{\text{табл}} = 0,807;$$

всі члени належать ряду, так як [12]:

$$\tau_{\text{лів}} = 0,18 < \tau_{\text{табл}} = 0,807;$$

$$\tau_{\text{прав}} = 0,541 < \tau_{\text{табл}} = 0,807.$$

Розглянемо середнє значення послідовності , її дисперсію , стандартне відхилення  $S$  та коефіцієнт варіації  $\vartheta$ . Відповідні попередні розрахунки викладені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати підготовчих розрахунків

<i>Вихідні значення, <math>y_i</math></i>	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$
10,26	-1,26	1,5876
11,76	0,24	0,0576
11,18	-0,34	0,1156
13,53	2,01	4,0401
10,85	-0,67	0,4489
$\Sigma 57,58$		$\Sigma 6,2498$

Середнє значення:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{5} \cdot 57,58 = 11,52\%$$

– дисперсія:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} = \frac{6,2498}{5-1} = 1,5625;$$

– стандартне відхилення:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{1,5625} = 1,25$$

– коефіцієнт варіації:

$$g = \frac{s}{y} \cdot 100\% = \frac{1,25}{11,52} \cdot 100\% = 10,85\%$$

$$g = 10,85\% < 33\%$$

На підставі значення коефіцієнта варіації можна зробити висновок, що сукупність відповідає нормальному розподілу [15]. Аналогічні обчислення були проведені для інших концентрацій WEISS у розчині: 1; 3; 5; 7, 9%.

На наступному етапі проводили аналіз зв'язку між ступенем очищення (y) та концентрацією (x). Для цього був визначений коефіцієнт кореляції r [5]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{505,54}{\sqrt{60,84 \cdot 4718,27}} = 0,944;$$

Зазначене значення коефіцієнта кореляції підтверджує високий ступінь взаємозалежності між ступенем очищення та концентрацією WEISS у розчині [15].

На наступному етапі був проведений регресійний аналіз.

На рис. 3.3 представлено графічне відображення впливу концентрації СМЗ WEISS у розчині на ступінь очищення зразків.

З рис. 3,3 можна зробити висновок, що з підвищенням концентрації WEISS до 5% ступінь очищення зразків значно зростає. Однак подальше збільшення концентрації не призводить до подальшого покращення результатів.

Таким чином, 5% концентрація WEISS в розчині виявляється оптимальною.

$$\begin{aligned}y &= -13,99 + 35,579x - 2,8366x^2; \\100 &= -13,99 + 35,579x - 2,8366x^2; \\x_{\text{рац.}} &= 7,25\% \approx 5\%.\end{aligned}$$

З урахуванням вимог до 100% очищення деталей, раціональна концентрація розчину WEISS у його водному розчині складає:

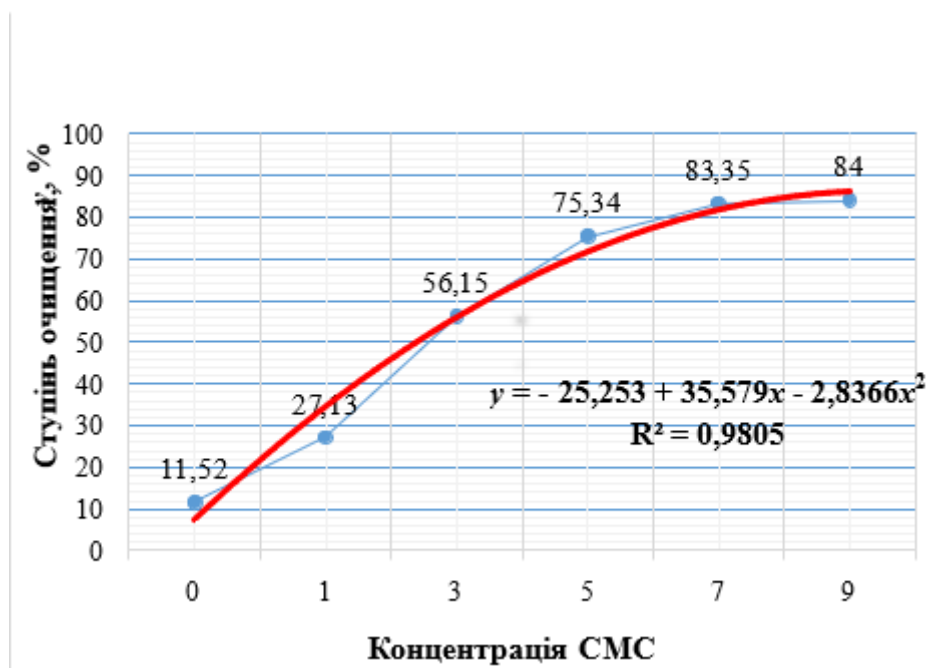


Рисунок 3.3 відображає вплив концентрації СМЗ WEISS на ступінь очищення зразків при температурі розчину 85-90°C та тривалості миття 5 хв.

Експериментальні та розрахункові значення раціональної концентрації розчину WEISS у його водному розчині взаємодіють із великою вірогідністю, що підтверджує правильність її визначення.

Результати експериментів, які вивчали залежність корозійної стійкості зразків із сталі 40X від концентрації СМЗ WEISS у розчині, наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Дослідження стійкості до крозії зразків

Вміст WEISS у мийному розчині, %	Час коли починають з'являтися перші корозійні враження	
	За зразками	Середня за варіантом
0 (контроль)	2; 2; 3; 2; 2	2,2
1	4; 4; 4; 3; 4	3,8
3	5; 4; 4; 5; 4	4,4
5	6; 7; 7; 6; 7	6,6
7	7; 8; 7; 8; 8	7,6
9	8; 8; 8; 7; 8	7,8

Враховуючи результати наведені в табл. 3.2. можна зробити висновок, що препарат WEISS володіє слабкою інгібуючою дією і в цілому на розчин майже не впливає.

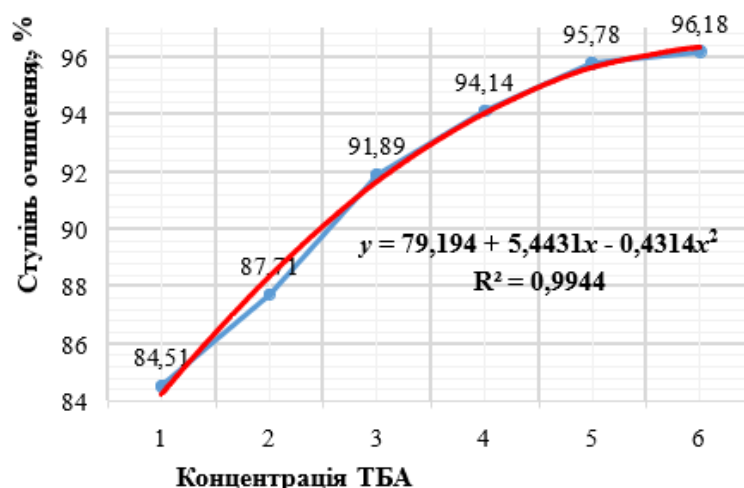
### 3.5. Покращення очищувального ефекту розчину WEISS

Апріорна інформація, яка підтверджена [16], свідчить, що бороглюконати, борати лужних металів, борати амонію та інші боратні комплекси проявляють миючі властивості у водних середовищах. З цією уявленістю в розгляді, ми провели дослідження ТБА як спеціальної добавки для покращення миючих характеристик розчинів СМЗ WEISS.

Умови експериментів були наступними:

- 5% розчин СМЗ WEISS;
- Добавка ТБА з концентрацією 1; 2; 3; 4; 5 г/л;
- Температура розчину – 80-85°C.

Вплив концентрації ТБА у 5% розчині WEISS на ступінь очищення зразків представлено на рисунку 3.4.



Зображення 3.4 демонструє вплив концентрації трибутилаціїну (ТБА) у 5%-му розчині WEISS на ступінь очищення зразків.



Значення коефіцієнта достовірності ( $R^2 = 0,9944$ ) свідчить про поліноміальний характер впливу концентрації ТБА у 5% водному розчині WEISS на ступінь очищення зразків.

Аналіз рис.3.4 дозволяє зробити висновок, що концентрація ТБА на рівні 5 г/л у 5% розчині WEISS є обґрунтованою. Без наявності ТБА у розчині якість очищувального ефекту 83,35%.

### **3.6. Протикорозійні якості препарату**

У роботах [5] вказується, що борати лужних металів та амонію виступають як ефективні та екологічно безпечні інгібітори у різних середовищах. Аналізуючи їх хімічні формули, можна припустити, що вони володіють властивостями інгібіторів. Проте інгібіторні властивості цих сполук недостатньо вивчені [12].

Бор відомий як легкодоступний та нетоксичний хімічний елемент, що природно зустрічається як мікроелемент. Його сполуки можуть слугувати добавками до розчинів для миття (СМЗ), підвищуючи їх мийні та протикорозійні властивості. Отже, отримання нетоксичних, ефективних та економічно вигідних інгібіторів корозії металів на основі борових сполук є актуальною задачею [12]. У цьому контексті, як активатор для розчину WEISS, ми пропонуємо використовувати ТБА, отримане з недефіцитної сировини.

Була висунута гіпотеза щодо можливості покращення протикорозійних властивостей розчину WEISS за допомогою додавання трибутилаціну (ТБА). Проведено аналіз впливу ТБА на швидкість корозії, інгібіторний ефект та ступінь захисту сталі 40Х протягом 30 днів у 3%-му розчині NaCl [12], при наявності 5% концентрації СМЗ WEISS (див. Таблицю 4.3 та Рис. 4.3–4.5).

Дослідження проводилися відповідно до методики, описаної в [12].

З Рис. 3,5–3,7 видно, що у 3% розчині NaCl найкращі протикорозійні властивості проявляє 5% розчин WEISS із додаванням ТБА концентрацією 5 г/л. Це пояснюється тим, що швидкість корозії сталі 40Х в цьому випадку є

мінімальною і становить  $15,35 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot 10^{-3}$ , а інгібіторний ефект та ступінь захисту від корозії сталі 40Х досягають максимальних значень, які становлять відповідно 1,97 і 97,4%.

Таблиця 3.4 – Результати дослідження зміни швидкості корозійних процесів

Корозійне середовище	Концентрація ТБА у корозійному середовищі, г/л	$K_{ср.}, \text{г/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot 10^{-3}$	$\gamma_{ср.}$	$Z_{ср.}, \%$
3% розчин NaCl (контроль)	0	30,32	1,0	0
3% розчин NaCl + + 5% розчин WEISS	0	23,02	1,32	31,7
3% розчин NaCl + + 5% розчин WEISS ++ ТБА	1	20,73	1,46	46,26
	2	18,54	1,64	63,5
	3	17,23	1,76	76,0
	4	15,83	1,92	91,5
	5	15,35	1,97	97,4
	6	15,78	1,93	92,1

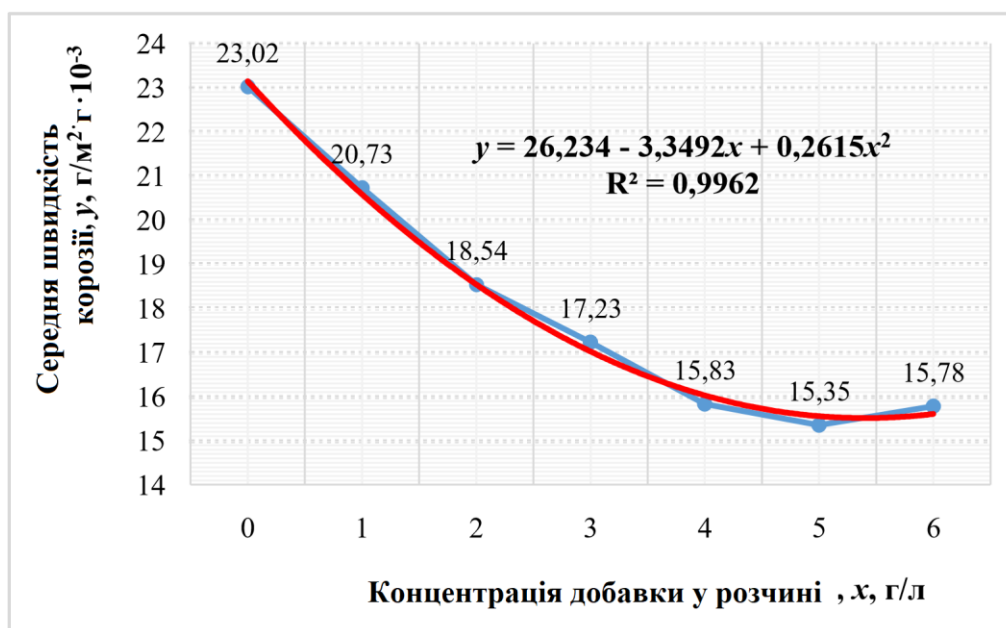


Рисунок 3.5 ілюструє вплив концентрації трибутилаціну (ТБА) на швидкість корозії ( $K_{ср.}$ ) сталі 40Х в 3%-му розчині NaCl при наявності 5%-го

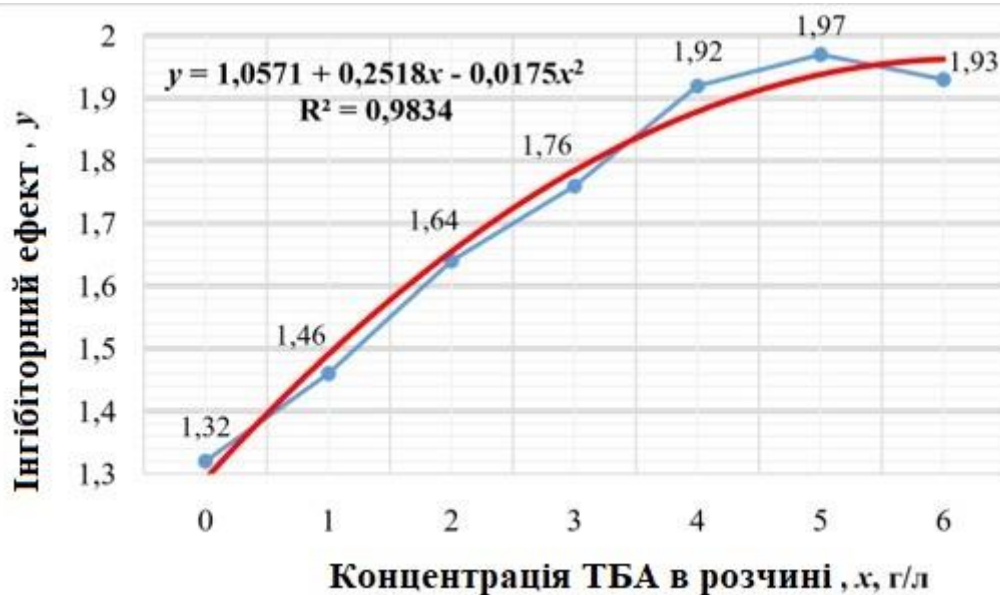


Рис. 3,6 – Залежність інгібуючого ефекту від концентрації добавки

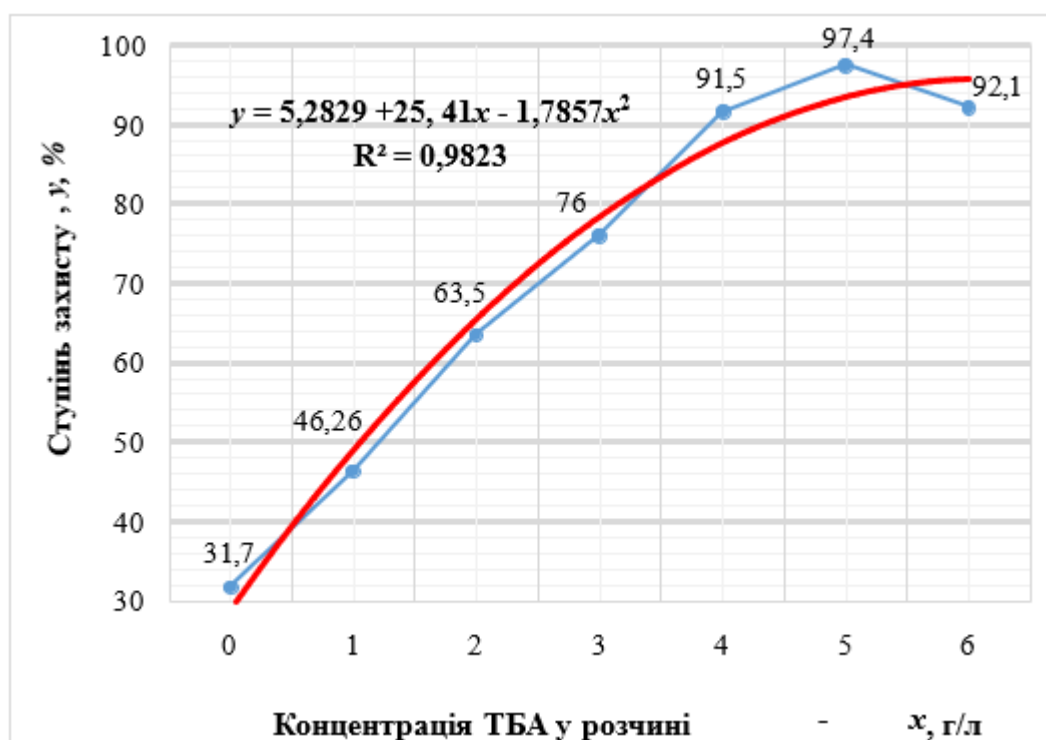


Рис. 3.7 – Залежність ступеню захисту від концентрації добавки у розчині

При збільшенні концентрації добавки до 6% відзначається певне зростання швидкості корозії сталі 40Х у розчині, досягаючи значення 15,78

г/м<sup>2</sup>·ч·10<sup>-3</sup>. Водночас спостерігається зменшення інгібіторного ефекту та ступеня захисту, що складають 1,93 та 92,1% відповідно. Це підтверджує доцільність обраної концентрації добавки ТБА, яка дорівнює 5 г/л, у розчині WEISS.

Залежність корозійно-електрохімічної поведінки сталі 40X від присутності ТБА у розчині WEISS була досліджена методом зняття потенціодинамічних кривих поляризації (див. Рис. 3.8).

З Рисунку 3.8 видно, що розчин WEISS у присутності ТБА концентрацією 5 г/л виявляє кращі протикорозійні властивості, ніж розчин без ТБА. Це можна пояснити тим, що в розчині WEISS з ТБА потенціал початку розчинення металу (крива з ТБА) зміщений у більш позитивну сторону в порівнянні з потенціалом корозії (крива без ТБА) у розчині WEISS без ТБА.

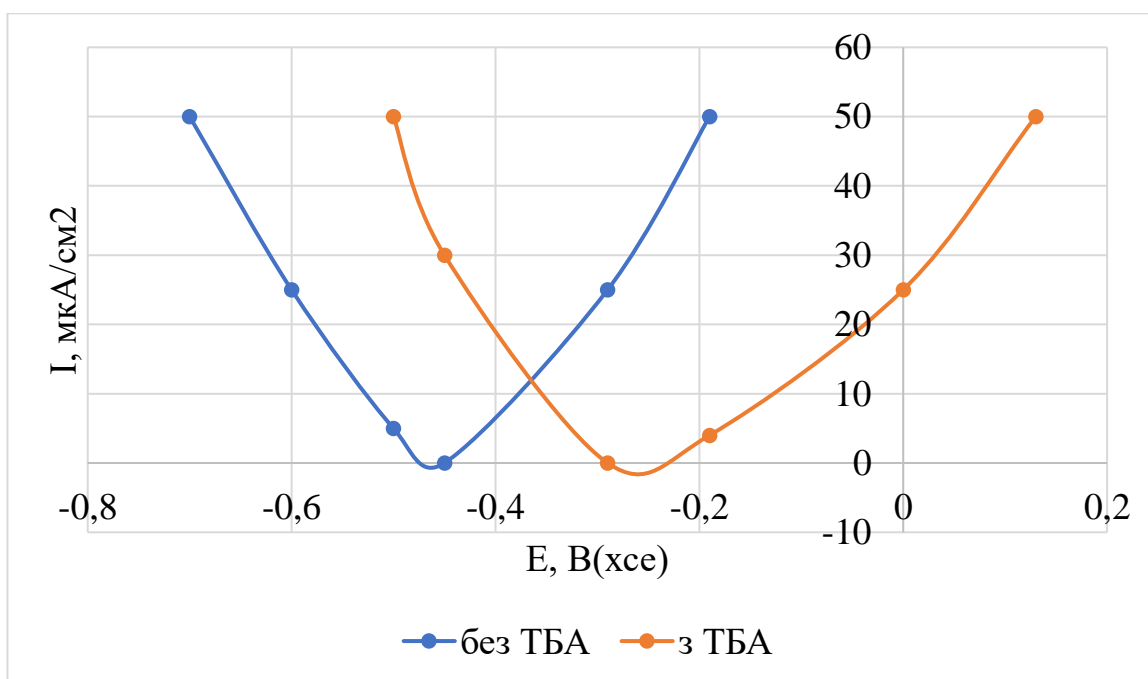


Рисунок 3.8. Поляризаційні криві сталі 40X в 5%-му розчині CM3 WEISS

Додавання ТБА до розчину WEISS сприяє утворенню тонкої оксидної захисної плівки на поверхні деталі, що індукує пасивацію сталі.

### 3.7. Результати експлуатаційних випробувань

Досліджували дві групи тракторів відповідно до розчинів для миття деталей їх двигунів (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 – Варіанти досліджень

№ варіантів	Мийні розчини
1	5% розчин WEISS
2	5%-й розчин WEISS + ТБА 5 г/л

У процесі досліджень визначали міжремонтний ресурс двигунів за групами тракторів відповідно до розчинів для миття деталей їх двигунів. За значеннями коефіцієнтів варіації (не перевищують 0,33), отриманими у процесі статистичної обробки результатів досліджень, можна стверджувати, що вони за всіма варіантами експериментів підпорядковуються закону нормального розподілу.

Дані показують, що при митті деталей в 5% розчині WEISS з добавкою ТБА в кількості 5 г/л отримані результати, набагато перевершують результати миття в 5% розчині WEISS без добавки ТБА.

Разом з покращенням якості миття деталей присутність ТБА у розчині 5%-го розчину WEISS підвищує і протикорозійну стійкість деталей, що сприяє збільшенню міжремонтного ресурсу двигунів.

У таблиці 3.6 наведено порівняльні результати виробничих випробувань 5% розчину WEISS і 5% розчину WEISS у суміші з ТБА концентрацією 5 г/л.

Таблиця 3.6 – Зведена таблиця результатів виробничих випробувань

№ з/п	Миючий розчин	Середній ресурс відремонтованих двигунів, $x$ , мото-год.	Стандартне відхилення, $S$	Коефіцієнт варіації, $\rho$
1	5% розчин WEISS	4181	456,6	0,11 (11%)
2	5% розчин WEISS + ТБА 5 г/л	4970,5	281,5	0,056 (5,6%)

Для порівняльного аналізу результатів миття деталей у розчинах двох досліджуваних розчинів як базовий прийнятий 5% розчин WEISS.

Дані таблиці 3.6 дозволяють зробити висновок, що 5% розчин WEISS з добавкою ТБА в кількості 5г/л може бути рекомендований для миття деталей агрегатів машин у ремонтному виробництві на підприємствах АПК.

### 3.8. Висновок

Згідно з уточненою методикою вивчення ефективності ТБА як інгібітора корозії, рекомендується визначати його ефективність на основі рівня захисту та інгібіційного впливу.

Для вивчення корозії зразків після миття у розчинах СМЗ WEISS без додаткових речовин та з використанням ТБА рекомендовано використовувати наступні методи: в лабораторних умовах - гравіметричний, потенціостатичний та корозійно-втомний, а на виробництві (під час зберігання між операціями) - візуальний (органолептичний) з визначенням тривалості часу від моменту завершення миття до появи перших ознак корозії на поверхні зразків.

Підняття концентрації WEISS у миючому розчині до 5% призводить до зростання рівня очищення до 83,35%. Додаткове збільшення концентрації не призводить до значущого покращення очищення. У зв'язку з цим та для

забезпечення економії СМЗ вирішено використовувати 5% концентрацію WEISS у миючому розчині.

Протикорозійна стійкість зразків, вимитих у 5% розчині WEISS, обмежується 7,6 днями, оскільки у цьому розчині відсутні ефективні інгібітори корозії.

Залежність ступеня очищення зразків у 5% водному розчині «WEISS100» від концентрації ТБА має поліноміальний характер. Встановлено, що концентрація 5 г/л ТБА у 5% розчині WEISS є оптимальною, оскільки такий вміст ТБА сприяє максимальному очищенню (95,78%, порівняно з 83,35% без ТБА), а подальше збільшення концентрації борату не має суттєвого впливу.

Розроблено рівняння, яке дає змогу обґрунтовано вибирати концентрації WEISS та ТБА у розчині для досягнення необхідного ступеня очищення деталей.

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1. Аналітичне дослідження охорони праці на підприємстві

Як зазначалось у першому розділі Компанія "Альфатех" є офіційним ексклюзивним дистриб'ютором в Україні дорожньо-будівельної техніки Hyundai і SHANTUI, гірничорудного обладнання ASTEC Ind., KEESTRACK, вантажопідйомної техніки SCM, ALFA, SPECO, комунальної техніки Ausa та Retch, а також міні-техніки BOBCAT [17].

Це крупна компанія з мережею філій яка активно росте. В головному центрі м. Підгородне налічується близько 150 робітників. Це керівництво, менеджери, комірники, сервісники та інші.

На підприємстві досить суворо ставляться до правил охорони праці та їх дотримання, так працівники постійно проходять навчання на спеціалізованій техніці та правилах її експлуатації продажу і сервісу (рис. 4.1)



Рис. 4.1. Делегація представників Альфатех на навчаннях у навчальному центрі Bobcat 2023

Також компанія має чітку структуру охорони праці, яка сформована у відповідності до чинного законодавства (рис. 4.2).



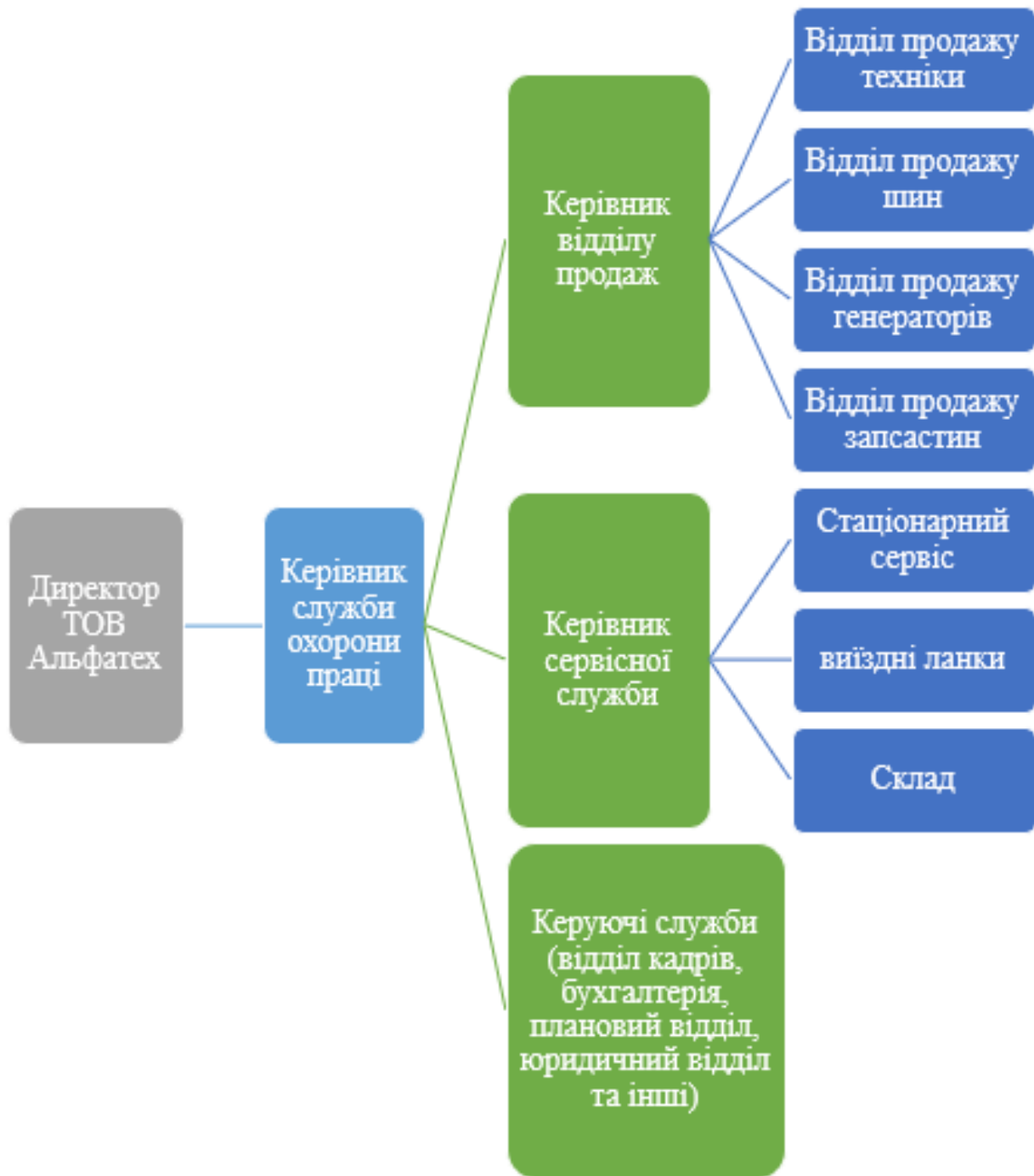


Рис. 4.2. Структура управління охороною праці на ТОВ Альфатех

Також на підприємстві є куточок охорони праці де проводяться інструктажі та іспити, а також навчання, наради та інше (рис. 4.3)



Рис. 4.3. Кабінет з охорони праці та його наповнення

#### 4.2. Заходи по безпечній експлуатації лабораторної мийної машини

Виконання вимог охорони праці забезпечується проведенням комплексу таких заходів:

- виконання вимог пожежо- та вибухобезпеки шляхом оснащення мийної ділянки засобами пожежогасіння:
- пожежний щит, вогнегасник порошковий ОП-5, вогнегасник вуглекислотний ОУ-5 і ящик із піском (місткість 0,5 м<sup>3</sup> ) на 50 м<sup>2</sup> площі приміщення;
- забезпечення ергономіки праці оператора;
- проведення інструктажів для слюсарів-мийників згідно з ДСТУ 2293:2014. [18];
- дотримання порядку і чистоти на робочому місці;

– перевірка кріплення всіх вузлів установки і справності кріплення перед проведенням ремонтних робіт, виявлення підтікань у гідросхемі.

### **4.3. Шкідливі фактори ділянки миття**

#### **4.3.1 Пари мийних розчинів і рідин**

Процес миття та очищення агрегатів, вузлів, деталей супроводжується випаровуванням мийних розчинів, до складу яких входять шкідливі для організму речовини. Вдихаючи повітря з вмістом парів мийних розчинів, у яких можуть міститися токсичні та подразнювальні речовини, може стати причиною розвитку фіброзних домішок у легенях, подразнювальної дії на дихальні шляхи та загальної інтоксикації організму.

Застосовувані на робочому місці мийні розчини та рідини належать до четвертого класу небезпеки (речовини малонебезпечні). Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони становить не більше  $8 \text{ мг/м}^3$  за рахунок роботи припливно-витяжної вентиляції.

Нормативні значення згідно з ДСН 3.3.6.042-99, понад  $10 \text{ мг/м}^3$  [19].

На цій ділянці ГДК не перевищує допустимі норми, отже, застосування на робочому засобів індивідуального захисту не обов'язкове.

#### **4.3.2 Підвищений рівень локальної вібрації**

Для попереднього миття деталей використовується апарат високого тиску, на пістолеті-розпилювачі створюється локальна вібрація  $3 \text{ м/с}^2$ , яка впливає на руки оператора. При локальній вібрації страждає капілярна система рук - знижується кровообіг пальців, живлення шкіри і нігтів.

Згідно з ДСТУ ISO 2631-1:2004 [20, 21], допустима норма рівня вібрації  $2 \text{ м/с}^2$ .

На даному робочому місці під час виконання робіт наявне перевищення норми рівня локальної вібрації, для захисту рук працівника обов'язкове використання антивібраційних рукавиць.

#### **4.4 Захист у надзвичайних ситуаціях**

На території знаходження даної майстерні, можливі такі НС природного характеру:

- сильний вітер (у тому числі шквал, смерч);
- сильний дощ або сніг, град;
- заметіль, сильний мороз, заморозки.

На підприємстві розроблено інструкції щодо дій персоналу в випадку НС.

#### **4.5 Висновок за розділом**

У розділі було проаналізовано умови праці на ділянці миття та очищення деталей із застосуванням ультразвуку в умовах ТОВ Альфатех. На робочому місці цієї ділянки було виявлено шкідливі (мийні розчини та рідини) і небезпечні виробничі фактори (ураження електричним струмом, рушійні механізми).

Для зниження ГДК шкідливих парів було розраховано і встановлено припливно-витяжну вентиляцію для мінімізації шкідливих виробничих факторів.

## РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ

### 5.1. Економічний ефект від застосування результатів дослідження

Розрахунок економічного ефекту від застосування тетраборату амонію у розчині 5%-го розчину WEISS проведено за методикою, описаною в [22].

Вихідні дані:

- 5%-й розчин WEISS – база порівняння;
- 5% розчин WEISS у суміші з ТБА концентрацією 5 г/л.

Розрахунки виконані на міжремонтний ресурс тракторів за двома варіантами (рис.5.1).



Рис.5.1 – Міжремонтний ресурс двигунів, деталі яких вимиті у 5%-х розчинах:

- а) WEISS (4181 мото-год.); б) WEISS у суміші з ТБА концентрацією 5 г/л (4970,5 мото-год.)

Миття деталей у 5%-му розчині WEISS у суміші з ТБА концентрацією 5 г/л сприяє збільшенню міжремонтного ресурсу двигунів у порівнянні з миттям у 5%-му розчині WEISS (рис.5.1) на 789,5 мото-год. (на 19%).

Економічний ефект (грн.) від застосування ТБА концентрацією 5 г/л у розчині 5%-го розчину WEISS по відношенню до 5%-го розчину WEISS без ТБА визначається як добуток різниці питомих витрат при митті деталей без добавки ( $C_{\text{заг.}}^{\text{WEISS}}$ , грн./мото-год.) та з добавкою ( $C_{\text{заг.}}^{\text{WEISS}+TBA}$ , грн./мото-год.) ТБА на міжремонтний ресурс ( $L_{\text{нар. ТБА}}$ , мото-год.) двигунів, деталі яких вимиті за наявності ТБА в розчині.

$$E_{\text{ТБА}} = (C_{\text{заг.}}^{\text{WEISS}} - C_{\text{заг.}}^{\text{WEISS}+TBA}) \times L_{\text{нар. ТБА}}, \quad (6.1)$$

Загальні питомі витрати визначаються як сума питомих витрат на разове миття та питомих витрат на один ремонт двигуна.

Витрати на миття деталей визначаємо як суму витрат за заробітну плату  $C_{\text{з/п}}$ , на електроенергію  $C_e$ , придбання мийючих засобів  $C_{\text{WEISS}}$ , на амортизацію устаткування  $C_{\text{ам.}}$  та накладних витрат  $C_{\text{накл.}}$ .

$$C = C_{\text{з/п}} + C_e + C_{\text{WEISS}} + C_{\text{ам.}} + C_{\text{накл.}} \quad (6.2)$$

Витрати на заробітну плату:

$$C_{\text{з/п}} = C_1 \times t_m \times K \times N, \quad (6.3)$$

де  $C_1$  – тарифна ставка мийника 1-го розряду, грн / год;

$t_m$  – трудомісткість миття деталей одного двигуна, люд.-год;

$K$  – тарифний коефіцієнт;

$N$  – кількість мийок деталей одного двигуна за цикл експлуатації трактора.

Тарифна ставка мийника 1-го розряду становить 75,70 грн.

Тарифний коефіцієнт працівника 2-го розряду із шкідливими умовами праці  $K = 1,23$  [22].

Трудомісткість миття деталей у мийній машині AM1400 АК встановлена хронометражним наглядом (таблиця 5.1).

Тривалість миття деталей у мийній машині AM1400 АК з урахуванням підготовчих та заключних операцій приймаємо  $t_m = 40$  хв.

Таблиця 5.1 – Тривалість миття деталей у мийній машині AM 1400 АК

№ з/п	Вид операції	Трудомісткість, люд. хв
1	Зовнішнє очищення деталей від грубих забруднень	7-12
2	Підбір партії деталей за габаритними розмірами	6-8
3	Завантаження деталі на мийний стіл камери	4-6
4	Миття деталей	5
5	Витримка після миття партії деталей	5-10
6	Виймання вимитих деталей із камери мийної установки	5-10
Разом		32-51

Заробітна плата за миття однієї партії деталей [22]:

$$C_{з/п} = 75,70 \times 1,23 \times 40 \times 60^{-1} = 62,07 \text{ грн.}$$

Приймаємо: страхові відрахування на заробітну плату 30 %; преміальні 20% [22]. З урахуванням цього:

$$C_{з/п} = 62,07 \times 1,3 \times 1,2 = 96,83 \text{ грн.}$$

Вартість СМЗ:

$$C_{\text{WEISS}} = V \times K \times C_{\text{WEISS}}, \text{ грн/ванна,} \quad (5.4)$$

де  $V$  – ємність ванни, л (370 л);

$K$  – кількість миючого розчину 1000 л води, кг/1000 л;

$C_{\text{WEISS}} = 36,00$  грн/кг – ціна 1 кг WEISS, грн/кг.

Для приготування 370 л 5%-го розчину потрібно WEISS на суму:

$$C_{\text{Темп-100}} = 370 \times \frac{70}{1000} \times 36 = 936,40 \text{ грн}$$

У процесі багаторазового використання в миючому розчині накопичуються забруднення, тому миючий розчин в установках необхідно змінювати через кожні 5-6 мийок. Все це залежить від ступеня забруднення розчину.

За одну робочу зміну зазвичай роблять миття 2-3 партій деталей. Отже, вартість миючих засобів на миття однієї партії деталей розчине:

$$C_{\text{Темп-100}}^1 = \frac{936,40}{3 \cdot 5} = 62,16 \text{ грн}$$

Вартість витрати електроенергії:

$$C_e = C_{e. \text{раз.}} \times K \times C_{\text{кВт}\cdot\text{ч.}}, \quad (6.5)$$

де  $C_{e. \text{раз.}}$  – витрата електроенергії на підігрів розчину до 85-90°C, грн.;

$K$  – коефіцієнт, що враховує витрату електроенергії для підтримки необхідної температури розчину;

$C_{\text{кВт}\cdot\text{год.}} = 6,00$  – ціна 1 кВт · год електроенергії для сільгосп підприємств, грн / кВт · год. [22].

Для АМ1400 АК:

– витрата електроенергії на разову мийку [22]:



$$C_e = \left( \frac{1}{3} \times E_{e.під.} \times K + E_{нас.} \right) \times \Pi_{кВт \cdot год}; \quad (6.6)$$

$$E_{нас.} = N_{нас.} \times t, \quad (6.7)$$

де  $E_{e.під.} = 2 \times 3 \times 3,15 = 18,9$  кВт – витрата електроенергії на підігрів розчину до температури 85-90°C, кВт [22];

$E_{нас.} = 2 \times 2 \times 2,2 = 8,8$  кВт – витрата електроенергії електродвигуном насоса, кВт;

$N_{нас.} = 2 \times 2,2 = 4,4$  кВт – потужність електродвигунів насоса;

$t = 5$  хв – тривалість миття деталей, год.

$$C_e^1 = \left( \frac{1}{3} \times 18,9 \times 2,5 \times 1,05 + 8,8 \cdot \frac{5}{60} \right) \times 6,00 = 103,58 \text{ грн.}$$

Приймаємо: витрати на амортизацію та ремонт обладнання 14,4%; річна зайнятість машини 800 год.; вартість машини 462 000 грн. Тоді:

$$C_{ам} = 462000 \times 0,144 \times \frac{5}{60} \times \frac{1}{800} = 6,93 \text{ грн/год.}$$

Накладні витрати становлять 15% від зарплати:

$$C_{накл.} = 0,15 \cdot C_{з/п} = 0,15 \times 96,83 = 14,52 \text{ грн.}$$

Вартість разового миття в 5%-му розчині WEISS:

$$\begin{aligned} C^{WEISS} &= C_{з/п} + C_e + C_{WEISS} + C_{ам.} + C_{накл.} = \\ &= 96,83 + 103,58 + 62,16 + 6,93 + 14,52 = 284,02 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Питома вартість разового миття в 5%-му розчині WEISS при міжремонтному напрацюванні двигуна 4181 мото-год. розчине:

$$C_{\text{нит.мийки}}^{\text{Темп-100}} = \frac{C_{\text{Темп-100}}}{L_{\text{Темп-100}}} = \frac{284,02}{4181} = 0,068 \text{ грн./мото-год.}$$

Вартість разового миття в 5%-му розчині WEISS з добавкою ТБА в кількості 5 г/л і миття в 5%-му розчині WEISS відрізняються один від одного витратами на придбання 1,85 кг ТБА (концентрація 5 г/л).

$$C_{\text{ТБА}} = 395,00 \text{ грн. / кг} - \text{ціна 1 кг ТБА.}$$

При цьому витрати на заробітну плату  $C_{з/п}$ , на електроенергію  $C_e$ , на амортизацію обладнання  $C_{ам.}$ , накладні витрати  $C_{накл.}$  залишаються такими ж. Вартість ТБА на приготування розчину для однієї ванни:

$$C_{\text{ТБА}} = 370 \times \frac{5}{1000} \times 395,00 = 730,75 \text{ грн.}$$

Вартість ТБА на миття однієї партії деталей:

$$C_{\text{ТБА}}^1 = \frac{730,75}{3 \times 5} = 48,72 \text{ грн.}$$

Загальна вартість миючих засобів на миття однієї партії деталей:

$$C_{\text{МС}}^1 = C_{\text{Темп-100}}^1 + C_{\text{ТБА}}^1 = 62,16 + 48,72 = 110,88 \text{ грн.}$$

Вартість миття однієї партії деталей у 3%-му розчині WEISS у суміші з ТБА концентрацією 5 г/л розчине:

$$C_{\text{Темп-100+ТБА}} = C_{з/п} + C_e + C_{\text{МС}}^1 + C_{ам.} + C_{накл.} =$$

$$= 96,83 + 103,58 + 110,88 + 6,93 + 14,52 = 332,74 \text{ грн.}$$

Питома вартість миття однієї партії деталей у 5%-му розчині WEISS у суміші з ТБА концентрацією 5 г/л:

Дані зведемо до таблиці 6.2.

$$C_{\text{Темп-100+ТБА}}^{\text{нит.мийки}} = \frac{C_{\text{Темп-100+ТБА}}}{L_{\text{Темп-100+ТБА}}} = \frac{332,74}{4970,5} = 0,067 \text{ грн./мото-год.}$$

Таблиця 5.2 – Вартість миття однієї партії деталей в досліджуваних розчинах, грн

№ з/п	Миючий розчин	Вартість миття однієї партії деталей
1	5% розчин WEISS	284,02
2	5% розчин WEISS у суміші з ТБА концентрацією 5 г/л	332,74

З таблиці 5.2 видно, що добавка ТБА концентрацією 5 г/л в 5% розчин WEISS підвищує вартість миття однієї партії деталей на 48,72 грн. в порівнянні з миттям у тому ж розчині без добавки ТБА за цикл експлуатації.

Але добавка ТБА концентрацією 5 г/л розчин WEISS збільшує міжремонтний ресурс двигунів на 789,5 мото-год. (19%), що дозволяє заощадити кошти на їх ремонті. Так, при середній вартості ремонту без урахування запасних частин двигуна Д-240, що дорівнює

$C_{\text{рем.дв.}} = 26000$  грн., питома вартість їх ремонту буде становити:

– при митті деталей двигуна в 5% розчині WEISS:

$$C_{\text{Темп-100}}^{\text{нит.рем.дв.}} = \frac{C_{\text{рем.дв.}}}{L_{\text{Темп-100}}} = \frac{26000}{4181} = 6,22 \text{ грн./мото-год;}$$

– при митті деталей двигуна в 5% розчині WEISS в суміші з ТБА концентрацією 5 г/л:

$$C_{\text{Темп-100}}^{\text{пит.рем.дв.}} = \frac{C_{\text{рем.дв.}}}{L_{\text{Темп-100+ТБА}}} = \frac{26000}{4970,5} = 5,23 \text{ грн/мото-год.}$$

– при митті деталей у 5%-му розчині WEISS:

$$C_{\text{заг.}}^{\text{WEISS}} = C_{\text{пит.мийки}}^{\text{WEISS}} + C_{\text{пит.рем.дв.}}^{\text{WEISS}} = 0,068 + 6,22 = 6,288 \text{ грн/мото-год.};$$

– при миття деталей у 5%-му розчині WEISS у суміші з ТБА концентрацією 5 г/л:

$$C_{\text{заг.}}^{\text{WEISS+ТБА}} = C_{\text{пит.мийки}}^{\text{WEISS+ТБА}} + C_{\text{пит.рем.дв.}}^{\text{WEISS+ТБА}} = 0,067 + 5,23 = 5,297 \text{ грн/мото-год.}$$

Таблиця 5.3 – Загальні питомі витрати в залежності від розчину

Миючий розчин	Вартість разового миття, грн.	Середній ресурс експериментальних двигунів, мото-год.	Питома вартість, грн/мото-год.		Загальні питомі витрати, грн/мото-год.
			разової мийки	ремонт та ДВС	
5%-й розчин WEISS	284,02	4181	0,068	6,22	6,288
5%-й розчин WEISS у суміші з ТБА концентрацією 5 г/л	332,74	4970,5	0,067	5,23	5,297

Економічний ефект від застосування 5%-го розчину WEISS з добавкою ТБА концентрацією 5 г/л по відношенню до 5%-го розчину WEISS у розрахунку на один відремонтований двигун становив:

$$E_{\text{эф.}} = (C_{\text{заг.}}^{\text{WEISS}} - C_{\text{заг.}}^{\text{WEISS+ТБА}}) \times L_{\text{нар. ТБА}} = (6,288 - 5,297) \times 4970,5 = 4925,77 \text{ грн.}$$

## 5.2 Висновки за розділом 5

1. Економічний ефект (грн.) від застосування ТБА концентрацією 5 г/л у розчині 5% розчину WEISS по відношенню до 5% розчину WEISS без ТБА в розрахунку на один відремонтований двигун склав 4925, 77 грн.

## ВИСНОВОК

1. Ми успішно покращили мийні та протикорозійні характеристики синтетичного миючого засобу WEISS шляхом введення в його розчин добавки тетраборату амонію.

2. Доведено, що залежності ступеня очищення зразків від концентрацій та WEISS та ТБА описуються рівнянням поліноміальної залежності 2-го ступеня. Експериментально обґрунтовано області раціональних значень концентрацій WEISS – 5% та добавки ТБА – 5 г/л у розчині для миття деталей машин при їх ремонті. У такому розчині ступінь очищення деталей досягає значення 95,78%, а без добавки ТБА – 83,35%.

3. У виробничих умовах доведено, що використання ТБА концентрацією 5 г/л у 5% розчині WEISS підвищує протикорозійну стійкість вимитих деталей до 16,2 діб проти 7,6 діб після миття 5% розчині WEISS без ТБА (підвищення протикорозійної стійкості деталей у 2,1 рази), що дозволяє виключити додаткову консерваційну обробку деталей у міжопераційний період зберігання.

4. Виробнича перевірка отриманих результатів проводилася в ТОВ Альфатех на тракторах, які вперше надходять на ремонт двигуна. Миття деталей двигуна після його розбирання виконували або в 5%-му розчині WEISS, або в 5%-му розчині WEISS з добавкою ТБА концентрацією 5 г/л. Міжремонтний ресурс двигуна при митті деталей в 5% розчині WEISS з добавкою ТБА концентрацією 5 г/л (4970,5 мото-год.) у порівнянні з мийкою в 5% розчині WEISS (4181 мото- год.) збільшується на 19%.

5. Розрахункова величина економічного ефекту від використання розробленого розчину порівняно з 5% розчином WEISS становить 4925,77 грн. на один відремонтований двигун.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Дирда В. І. Ремонт машин та обладнання. Підручник для вищих навчальних закладів [Текст] / В. І. Дирда, П. Т. Мельянцов, О. І. Кириленко та ін. – Днівськ, Журофонд, 2015. – 292 с.
2. Dann, Andrea B.; Hontela, Alice (2011). "Triclosan: environmental exposure, toxicity and mechanisms of action". *Journal of Applied Toxicology*. 31 (4): 285–311.
3. Environmental impact of cleaning products [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental\\_impact\\_of\\_cleaning\\_products](https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_impact_of_cleaning_products).
4. Гапанчук А.М. Технологія зберігання сільськогосподарських машин та шляхи її покращення / А.М. Гапанчук, Є. В. Калганков. // *Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej. Sp. z o.o. «Diamond trading tour», Warszawa. – 2017. – С. 50–55.*
5. Клочко М. О. Удосконалення мийно-очисних операцій з обґрунтуванням параметрів струминної мийної установки : магістр. дипломна робота : 208 Агроінженерія / Клочко М.О.; Дніпровський держ.аграр.-економ. ун-т, Інженерно-технологічний ф-т, Каф. надійності і ремонту машин. – Дніпро, 2021. – 92 с.
6. Технологічні процеси очищення автомобілів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://budtehnika.pp.ua/ochyshchennya-i-myttya-avtomobiliv-pry-remonti/>.
7. Способи очищення агрегатів перед ремонтом та відновленням [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://servicems.com.ua/uk/news/post/661-Ochishchennia-avtomob%D1%96lnikh-vuzl%D1%96v-ta-agregat.html>.
8. Як вибрати мінімійку [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://ukr.media/auto/10710/>.

9. The Right High Pressure Washer. An Introduction [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ipcworldwide.com/the-right-high-pressure-washer/news/>.

10. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі: навчальний посібник / Коновалюк О.В., Кіяшко В.М., Колісник М.В. – К.: Аграрна освіта, 2013. – 404 с.

11. Синтетичні мийні засоби, склад, переваги, вимоги до якості [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://comexpert-2.pto.org.ua/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=1776:sintetichnimijznizaso-biskladperevagivimogidoyakosti](https://comexpert-2.pto.org.ua/index.php?option=com_k2&view=item&id=1776:sintetichnimijznizaso-biskladperevagivimogidoyakosti).

12. Очищення і миття деталей машин [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://budtehnika.pp.ua/8403-ochischennya-mittya-detaley-mashin.html>.

13. Надійність сільськогосподарської техніки: підручник / М. І. Черновол, В. Ю. Черкун. – 2-ге вид., переробл. і допов. – Кіровоград : КОД, 2010. – 320 с.

14. Lower S. Застосування рівняння Нернста [Електронний ресурс] / Stephen Lower – Режим доступу до ресурсу: <https://ukrayinska.libretexts.org>

15. Капінус О. М. Підвищення довговічності сільськогосподарських машин шляхом удосконалення антикорозійного захисту поверхонь та з'єднань / Капінус О. М., Дніпровський держ. аграр.-економ. ун-т. - Дніпро, 2021. – 123 с.

16. ПАР – поверхнево-активні речовини [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.products.pcc.eu/uk/k>

17. Про компанію [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://alfatech.com.ua/o-kompanii>.

18. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. На заміну ДСТУ 2293-99 ; чинний від 2015-05-01. Вид. офіц. Київ, 2015. 18 с.



19. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Чинний від 1999-12-01. Вид. офіц. Київ, 1999. 8 с.
20. ДСТУ ISO 2631-1:2004. Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину. Чинний від 2006-04-01. Вид. офіц. Київ, 2006. 15 с.
21. Основи охорони праці: / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний. - К.: Основа, 2006 — 448 с
22. Вініченко І.І. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства / І.І Вініченко, А.О. Сітковська. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.
23. Калганков Є.В. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проектів ОС "Бакалавр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" і дипломних робіт ОС "Магістр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" / Калганков Є.В. – Д.: ДДАЕУ, 2021. – 36 с.39.
24. Калганков Є.В. Розробка ТПВД / Калганков Є.В. – ДДАЕУ, 2013. – 75 с.
25. Калганков Є.В. Прпроектування ремонтно-технологічної документації / Є.В. Калганков, М.Г. Зайцев. Дніпро. ДДАЕУ, 2016. – 48 с.
26. Калганков Є. В. Особливості фрактального аналізу поверхні руйнування гумових футерівок, що працюють в умовах абразивно-втомного зносу / Є. В. Калганков. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. — Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ. – 2017. – №133. – С. 66–74.
27. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання

## **ДОДАТКИ**

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

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ БАГАТОСТАДІЙНОГО  
ОЧИЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ  
ПРИ ПРОВЕДЕННІ СЕРВІСНИХ РОБІТ**

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МгАІ-3-22  
Ходотов Валерій Володимирович

**Керівник:** доцент, к.т.н.  
Толстенко Олександр Васильович

Дніпро-2023

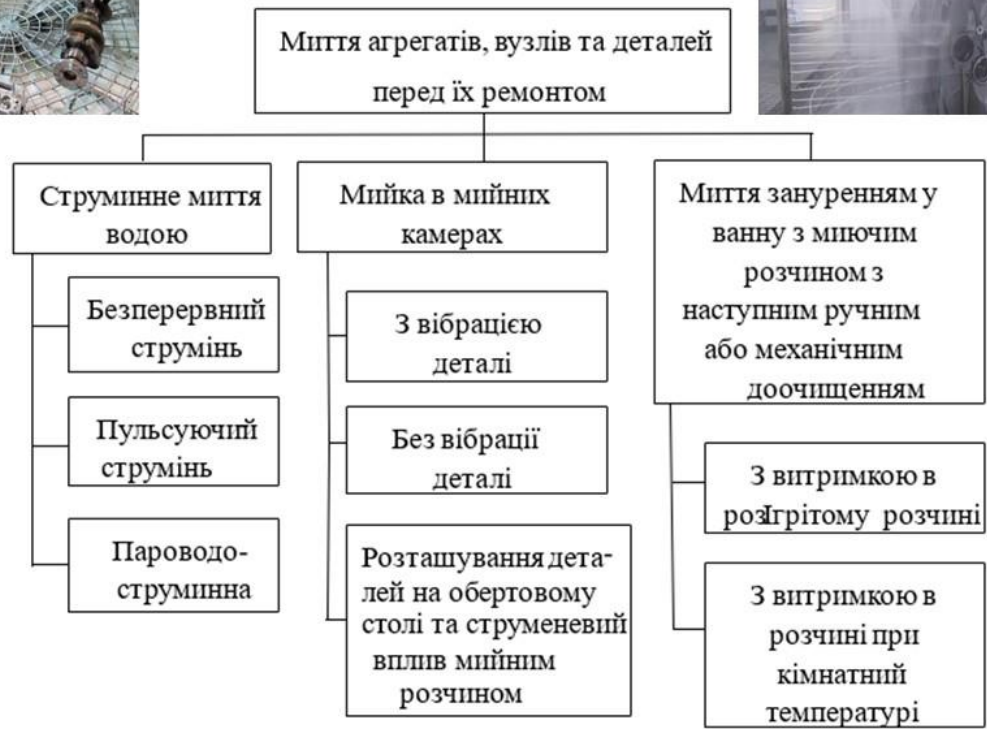
## МЕТА РОБОТИ

Підвищення ефективності процесу миття деталей машин під час ремонту техніки

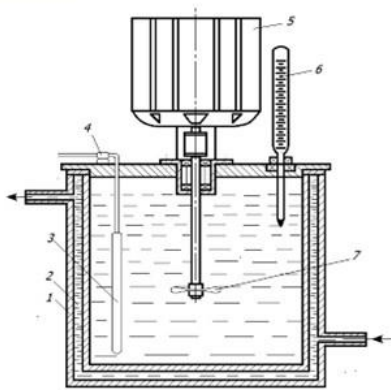
## ЗАДАЧІ РОБОТИ

1. Покращити миючі і протикорозійні властивості синтетичного миючого засобу шляхом введення спеціальної добавки в розчин.
2. Здійснити експериментальні дослідження, спрямовані на визначення впливу співвідношення концентрацій СМЗ та спеціальної добавки в розчині на зміни миючих та протикорозійних властивостей розчину. Експериментально визначити оптимальні значення концентрацій компонентів у миючому розчині.
3. Дослідити можливість підвищення ресурсу відремонтованих агрегатів шляхом вдосконалення технологічного процесу миття деталей під час ремонту техніки.
4. Перевірка результатів дослідження в умовах виробництва та їх техніко-економічна оцінка.







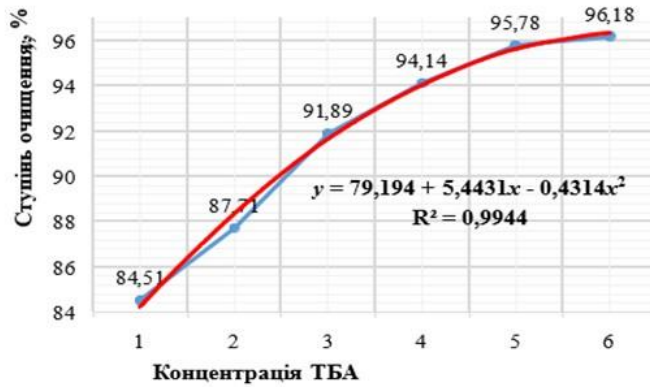


Дослідна установка для дослідження мийних розчинів:  
1 – ємність для розчинів;  
2 – система охолодження; 3 – дослідний зразок; 4 – система кріплення зразка; 5 – електродвигун; 6 – пристрій для вимірювання температури; 7 – перемішувач рідини

Мийна машина на  
виробництві MAGIDO  
L35/08C виробництво Італія

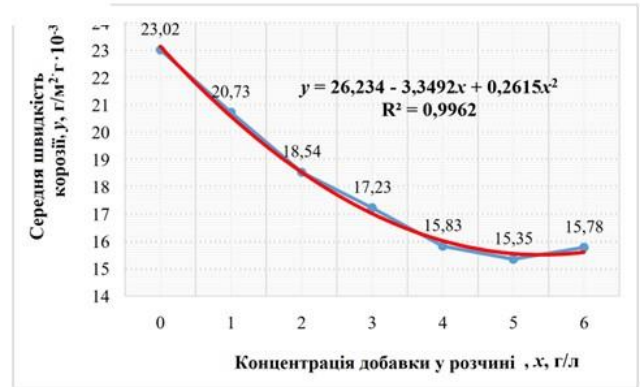




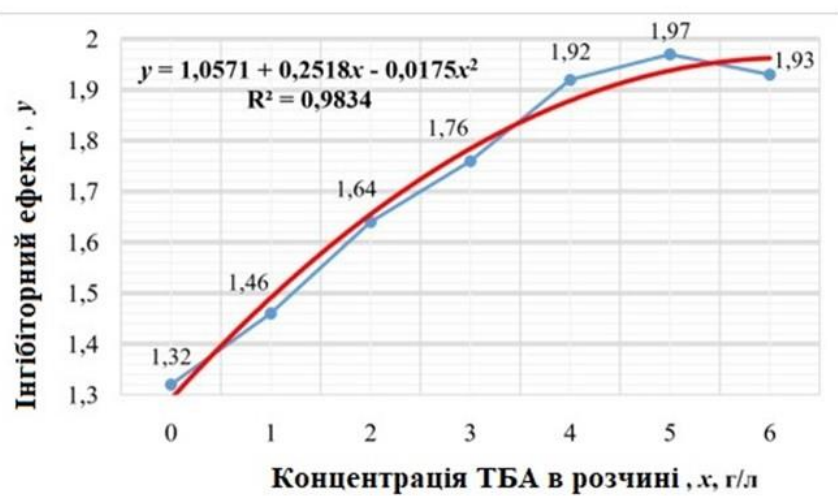


Вплив концентрації ТБА в 5%-му розчині WEISS на ступінь очищення зразків

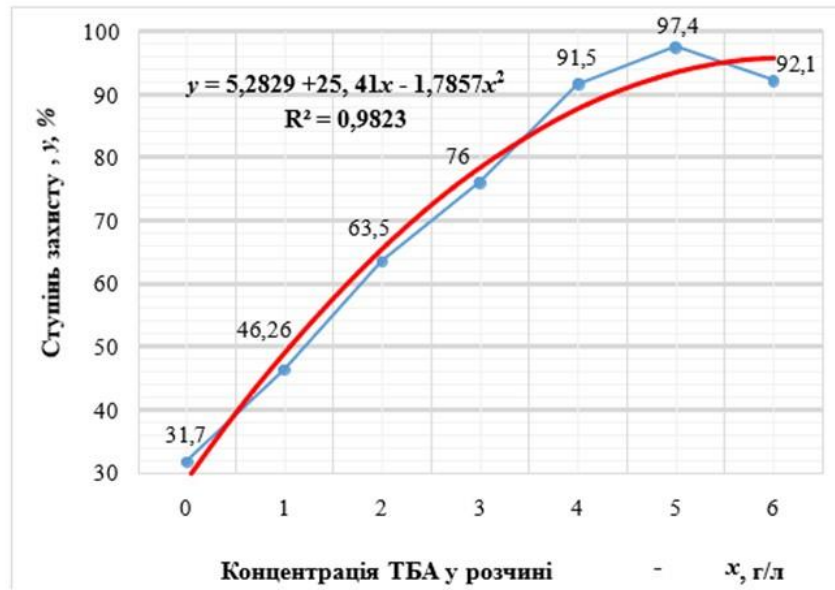
Вплив концентрації ТБА на швидкість корозії ( $K_{cp.}$ ) сталі 40X в 3% розчині NaCl у присутності WEISS концентрацією 5% за 30 діб



## 8 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

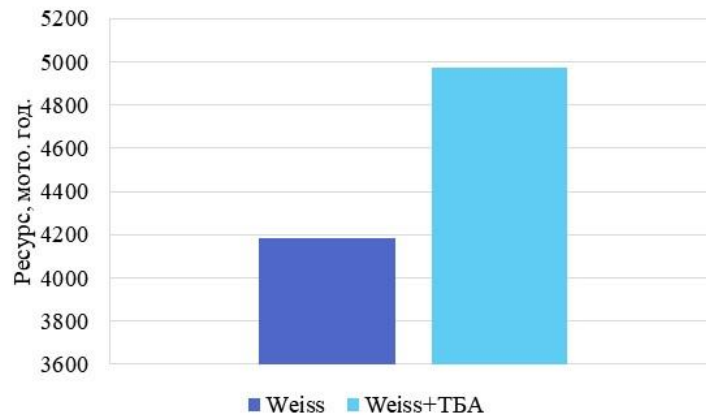


Вплив концентрації ТБА на інгібіторний ефект ( $\gamma_{cp.}$ ) у 3% розчині NaCl у присутності WEISS концентрацією 5% за 30 діб



Вплив концентрації ТБА на ступінь захисту ( $Z_{cp.}$ ) сталі 40Х у 3%-му розчині NaCl у присутності WEISS концентрацією 5% за 30 діб





$$E_{\text{еф.}} = (C_{\text{зар.}}^{\text{WEISS}} - C_{\text{зар.}}^{\text{WEISS+ТБА}}) \times L_{\text{нар. ТБА}} = (6,288 - 5,297) \times 4970,5 = 4925,77 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від застосування ТБА концентрацією 5 г/л у розчині 5% розчину WEISS по відношенню до 5% розчину WEISS без ТБА в розрахунку на один відремонтований двигун склав 4925, 77 грн.

1. Поліпшено миючі та протикорозійні властивості синтетичного миючого засобу WEISS шляхом введення в його розчин добавки тетраборату амонію.
2. Доведено, що залежності ступеня очищення зразків від концентрацій та WEISS та ТБА описуються рівнянням поліноміальної залежності 2-го ступеня. Експериментально обґрунтовано області раціональних значень концентрацій WEISS – 5% та добавки ТБА – 5 г/л у розчині для миття деталей машин при їх ремонті. У такому розчині ступінь очищення деталей досягає значення 95,78%, а без добавки ТБА – 83,35%.
3. У виробничих умовах доведено, що використання ТБА концентрацією 5 г/л у 5% розчині WEISS підвищує протикорозійну стійкість вимитих деталей до 16,2 діб проти 7,6 діб після миття 5% розчині WEISS без ТБА (підвищення протикорозійної стійкості деталей у 2,1 рази), що дозволяє виключити додаткову консерваційну обробку деталей у міжопераційний період зберігання.
4. Виробнича перевірка отриманих результатів проводилася в ТОВ Альфатех на тракторах, які вперше надходять на ремонт двигуна. Миття деталей двигуна після його розбирання виконували або в 5%-му розчині WEISS, або в 5%-му розчині WEISS з добавкою ТБА концентрацією 5 г/л. Міжремонтний ресурс двигуна при митті деталей в 5% розчині WEISS з добавкою ТБА концентрацією 5 г/л (4970,5 мото-год.) у порівнянні з мийкою в 5% розчині WEISS (4181 мото- год.) збільшується на 19%.
5. Розрахункова величина економічного ефекту від використання розробленого розчину порівняно з 5% розчином WEISS становить 4925,77 грн. на один відремонтований двигун.

УДК 621.33

Ходотов В.В.  
здобувач вищої освіти СВО Магістр,  
ОПП Агроінженерія, ІТФ ДДАЕУ, м.  
Дніпро, Україна  
Науковий керівник – Толстенко О.В.,  
кандидат технічних наук, доцент

### УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ БАГАТОСТАДІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ СЕРВІСНИХ РОБІТ

Сільськогосподарська техніка працює в складних умовах, що призводить до її швидкого забруднення. Забруднення деталей може викликати погіршення їхніх експлуатаційних характеристик, а в деяких випадках навіть призвести до їхнього виходу з ладу. Тому очищення деталей сільськогосподарської техніки є одним з найважливіших етапів її сервісного обслуговування [1].

Процес очищення деталей сільськогосподарської техніки зазвичай включає кілька етапів [1, 2]:

- Механічний - видалення грубих забруднень, таких як земля, пісок, залишки рослинності.

- Хімічний - видалення складних забруднень, таких як мастило, олія, іржа.

- Фізичний - видалення залишків хімічних реагентів та дрібних забруднень.

Удосконалення процесу очищення деталей сільськогосподарської техніки є актуальним завданням, оскільки дозволяє:

- Підвищити ефективність очищення, що в свою чергу сприяє продовженню терміну служби деталей та підвищенню їхніх експлуатаційних характеристик.

- Знизити витрати на очищення, що пов'язано з використанням більш ефективних методів та засобів очищення.

- Поліпшити екологічні характеристики процесу очищення, що пов'язано з використанням безпечних хімічних реагентів та обладнання.

Основними напрямками удосконалення процесу очищення деталей сільськогосподарської техніки є:

- Використання більш ефективних методів очищення, таких як ультразвукове, лазерне та плазмове очищення.

- Впровадження автоматизованих технологій очищення, що дозволяє підвищити ефективність і продуктивність процесу.

- Розробка нових хімічних реагентів, які є більш ефективними та безпечними.

Ультразвукове очищення є одним з найбільш ефективних методів очищення деталей від складних забруднень [3]. Ультразвукові хвилі, проникаючи в поверхню деталі, викликають кавітацію, яка руйнує забруднення та сприяє їхньому відокремленню від поверхні.

Ультразвукове очищення може використовуватися для очищення деталей сільськогосподарської техніки різного типу, в тому числі деталей двигунів, трансмісій, гідравлічних систем та інших агрегатів.

Впровадження автоматизованих технологій очищення.

Автоматизовані технології очищення дозволяють підвищити ефективність і продуктивність процесу. Автоматизовані установки очищення оснащені спеціальним обладнанням, яке виконує всі операції по очищенню без участі людини.

Автоматизовані установки очищення можуть використовуватися для очищення деталей сільськогосподарської техніки різного розміру та конфігурації.

Розробка нових хімічних реагентів дозволяє підвищити ефективність і безпеку процесу очищення. Нові хімічні реагенти повинні бути більш ефективними у видаленні забруднень, а також безпечними для деталей і навколишнього середовища.



Нові хімічні реагенти можуть використовуватися для очищення деталей сільськогосподарської техніки різного типу.

**Висновок.** Удосконалення процесу очищення деталей сільськогосподарської техніки є важливим завданням, яке дозволяє підвищити ефективність, продуктивність та екологічні характеристики цього процесу.

Реалізація заходів з удосконалення процесу очищення може призвести до таких позитивних результатів: збільшення терміну служби деталей, підвищення експлуатаційних характеристик деталей, зменшення витрат на очищення, поліпшення екологічних характеристик процесу очищення.

#### Список використаних джерел

1. Дирда В.І. Ремонт машин та обладнання [Підручник] / Дирда В.І., Калганков Є.В., Мельяцков П.Т. та інші. Дніпропетровськ.: Герда-2015.-310 с.
2. Способи очищення агрегатів перед ремонтом та відновленням [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://servicems.com.ua/uk/news/post/661-Ochishchennia-avtomob%D1%96lnikh-vuzl%D1%96v-ta-agregat.html>.
3. Ter-Arutunian Y. Популярні питання з ультразвукового очищення [Електронний ресурс] / Yuriy Ter-Arutunian. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://masteram.com.ua/uk/articles-and-video/top-answers-on-ultrasonic-cleaning/>.