

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
технічного сервісу та інженерного
(назва кафедри)
менеджменту ім. М.П.Момотенка

Руслан ШАТРОВ
(ім'я, прізвище)

« _____ » _____ 2026р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Удосконалення технології миття деталей при технічному сервісі
сільськогосподарської техніки»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»
(назва)

Орієнтація освітньої програми Освітньо-наукова
(освітньо-професійна, або Освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми
доктор технічних наук, професор
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Геннадій ГОЛУБ
(ім'я, прізвище)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи
кандидат технічних наук, доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Олексій СОЛОМКА
(ім'я, прізвище)

Виконав:
(підпис)

Владислав ВОЙТЕНКО
(ім'я, прізвище)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка

д.т.н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Войтенку Владиславу Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Удосконалення технології миття деталей при технічному сервісі сільськогосподарської техніки»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «13» листопада 2024 р. № 2038 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах по вивченню питання технології миття деталей при технічному сервісі сільськогосподарської техніки

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ. ЦІЛІ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ВІДРЕМОНТОВАНИХ АГРЕГАТІВ

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

РОЗДІЛ 5 ВИРОБНИЧІ ВИПРОБУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО СКЛАДУ І РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 14 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Соломка О.В.

Войтенко В.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

У вступі обґрунтовується актуальність та аналізується ступінь розробленості теми дисертації, поставлено мету та завдання досліджень, наведено методи та методики проведення досліджень, наукову новизна, теоретичну та практичну значущість роботи, що виносяться на захист положення дисертації, обґрунтовано ступінь достовірності та апробацію результатів дослідження.

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 присвячений теоретичним дослідженням удосконалення технологічного процесу миття деталей при ремонті агрегатів, проведено аналіз факторів, що впливають на якість миття, теоретично обґрунтовано вплив удосконалення технологічного процесу миття деталей при ремонті на ресурс агрегатів машин.

Третій розділ присвячений опису методик проведення лабораторних та виробничих експериментів для підвищення миючої та інгібіторної здатності складів миючих розчинів, що вивчаються.

Четвертий розділ присвячений оптимізації параметрів процесу миття, вивченню впливу ТБА на миючі та протикорозійні властивості розчину «Темп-100», впливу співвідношення компонентів у миючому розчині на ступінь очищення.

У п'ятому розділі проведено виробничу перевірку отриманих результатів дослідження, проведено розрахунок економічного ефекту результатів дослідження.

ЗМІСТ

ЗМІСТ.....	4
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ. ЦІЛІ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
1.1. Види забруднень поверхонь вузлів, агрегатів та деталей машин. Класифікація забруднень	9
1.2. Очищення та миття поверхонь деталей під час ремонту машин. Миюче обладнання	19
1.3. Миючі засоби та їх характеристики	31
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ВІДРЕМОНТОВАНИХ АГРЕГАТІВ	35
2.1. Фактори, що впливають на ресурс машин, та їх аналіз	35
2.2. Теоретичне обґрунтування впливу ефективності процесу миття деталей на ресурс відремонтованої машини	41
2.3. Механізм миючої дії багатокомпонентного розчину на забруднення деталей	47
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ	56
3.1. Методика дослідження мийних властивостей розчинів у лабораторних умовах	56
3.2. Методика підготовки зразків для експериментів	58
3.3. Обґрунтування кількості паралельних дослідів	60
3.4. Методика підвищення ефективності технологічного процесу миття деталей	63
3.5. Методика дослідження сполуки бору як добавки для покращення миючих та інгібіторних властивостей розчину «Темп-100»	66
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	68
4.1. Визначення раціональної концентрації «Темп-100» у розчині	68
4.2. Поліпшення миючих властивостей розчину "Темп-100"	71
4.3. Вплив добавки на протикорозійні властивості розчину «Темп-100»	72

4.4.	Дослідження впливу концентрацій компонентів у миючому розчині на ступінь очищення	78
------	---	----

РОЗДІЛ 5 ВИРОБНИЧІ ВИПРОБУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО СКЛАДУ І РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ

5.1.	Організація експлуатації тракторів після ремонту двигунів	81
5.2.	Вибір об'єкта для виробничих випробувань	87
5.3.	Результати експлуатації тракторів із відремонтованими двигунами	89
	ВИСНОВКИ.....	95
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	96

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Зовнішнє миття знятих з машин несправних агрегатів та миття деталей розібраних агрегатів включено до технологічних процесів ремонту машин і передбачає використання синтетичних миючих засобів (СМЗ). Процеси миття та очищення забруднених агрегатів, вузлів та деталей відносяться до операцій, які підвищують непривабливість технологічних процесів ремонту. СМЗ, які випускаються промисловістю і використовуються в даний час на різних підприємствах, зайнятих ремонтом машин не мають достатніх миючих та протикорозійних властивостей, вони негативно впливають на здоров'я людей і природу, тому що до їх складу входять токсичні речовини. До них, насамперед, можна віднести хромати, присутність яких покращує протикорозійні властивості СМЗ.

Низька ефективність технологічного процесу миття деталей суттєво знижує якість ремонту, а також ресурс відремонтованих машин на 20-30%, продуктивність праці ремонтних робіт знижується до 8%, підвищуються трудові та матеріальні витрати та негативний вплив на здоров'я людей, навколишню природу.

Вищевикладене дозволяє зробити висновок, що вдосконалення технологічного процесу миття деталей під час ремонту машин у сільському господарстві є актуальним завданням, вирішення якого сприяє розвитку агропромислового комплексу країни.

Мета дослідження - підвищення ефективності миття деталей машин при ремонті в сільському господарстві.

Ефективність технологічного процесу миття у свою чергу визначається ступенем очищення та корозійною стійкістю поверхні деталей після миття, які залежать від режиму, способу миття, засобів та обладнання для миття. Їх вибір визначається видом забруднень, розмірами та матеріалом деталей. Тому для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Поліпшити миючі та протикорозійні властивості синтетичного

миючого засобу шляхом введення в його розчин спеціальної добавки.

2. Провести експериментальні дослідження щодо встановлення закономірностей впливу співвідношення концентрацій СМЗ та спеціальної добавки в розчині на зміни миючих та протикорозійних властивостей розчину. Експериментально визначити раціональні значення концентрацій компонентів у миючому розчині.

3. Вивчити та визначити можливість підвищення ресурсу відремонтованих агрегатів за рахунок удосконалення технологічного процесу миття деталей під час ремонту техніки.

4. Перевірка результатів дослідження в умовах виробництва та їх техніко-економічна оцінка.

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

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

Наукова новизна роботи:

- отримані рівняння, що відображають вплив концентрацій СМЗ та активізуючої добавки на миючі та протикорозійні властивості миючих розчинів;
- отримано склад для миття деталей, який забезпечує ступінь очищення та корозійну стійкість поверхні вимитих деталей до 95,78% та 16,2 діб відповідно;
- експериментально доведено залежність якості очищення та протикорозійної стійкості деталей машин від співвідношення концентрації компонентів у складі розробленого розчину;
- отримана залежність ступеня очищення від співвідношення концентрацій СМЗ та добавки у миючому розчині.

Методи досліджень. Для проведення досліджень використовували методи кореляційного та регресійного аналізу, математичного моделювання, теорії планування експериментів, теорії ймовірностей та математичної статистики.

Під час проведення лабораторних та виробничих досліджень використовували власні методики, які розробляли з урахуванням нормативно-технічних документів. Миючу здатність та змочуваність розчинів визначали гравіметричним методом, а протикорозійні властивості – гравіметричним, електрохімічним та потенціодинамічним методами, використовуючи розчини хлориду натрію та СМЗ без добавки та з добавкою з'єднання бору.

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ. ЦІЛІ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Види забруднень поверхонь вузлів, агрегатів та деталей машин.

Класифікація забруднень

У реальних умовах експлуатації та зберігання машини зазнають відкладення на їх поверхнях різних забруднень. До основних причин цього процесу слід віднести доквілля.

При експлуатації або зберіганні у відкритій атмосфері будь-яку техніку впливає зміна температури. Перепад температури протягом календарного року в умовах середньої смуги України може сягати 90°C (від мінус 45°C взимку до плюс 45°C влітку), а середньодобовий перепад може сягати 20°C, у зв'язку з чим на поверхні машини завжди може бути плівка адсорбованої з повітря вологи. Ця плівка взаємодіє з різними газами, у тому числі й киснем атмосферного повітря, яке є окислювачем у корозійних процесах металевих виробів.

Машини при роботі схильні до запилення та залипання на її поверхнях пилу та ґрунтово-рослинних частинок, які мають підвищену адгезію до металевої поверхні та здатні утворити тверді шари бруду різної товщини.

Пил переважно утворюється під впливом потоків повітря на частинки ґрунту.

На висоті 1,0 м від землі максимальний вміст пилу може становити 0,4-0,45 г/м³, а за гусеничними машинами на дорозі ґрунтової цей показник може досягти до 6 г/м³.

За характером взаємодії осілі частинки пилу та інших забруднень можуть утворити 3 види зв'язку (рис. 1.1.).

У ході експлуатації машини пил може проникнути і у внутрішні порожнини агрегатів машин, де, змішуючись з оливою, забруднює його, підвищуючи зношування поверхонь деталей, які підлягають тертю. Наприклад, між запиленістю повітря, що засмоктується в двигун, і зношування деталей циліндро-поршневої групи існує пряма залежність.

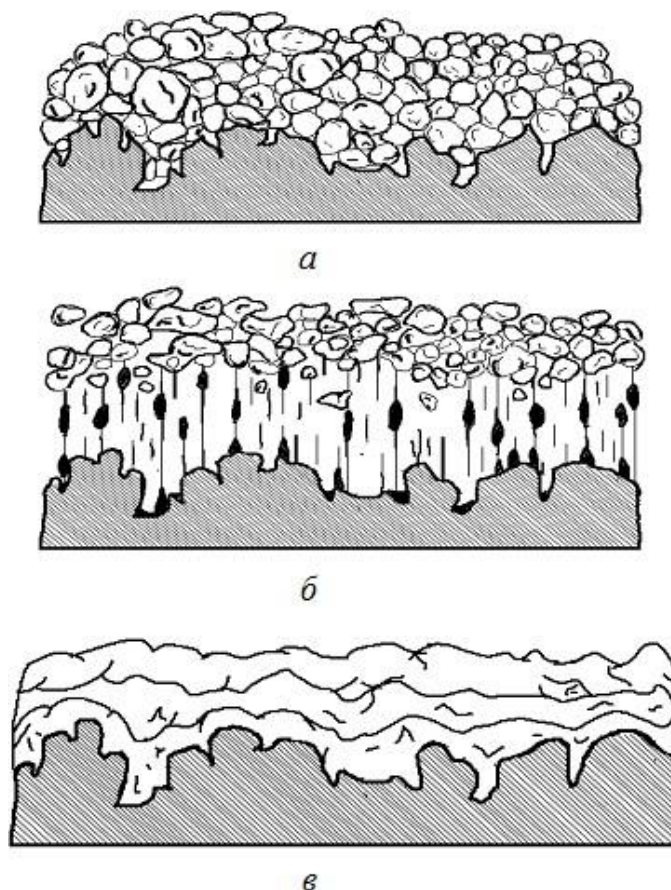


Рис. 1.1. Взаємодія поверхні, що очищається із забрудненнями: а – адгезійно-пов'язане; б – поверхнево адсорбційно-пов'язане; в – міцно (глибинно) – пов'язане

Практика експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки показує, що забруднений фільтр очищення повітря сприяє зниженню компресії та втрати працездатності двигуна внаслідок аварійного зношування деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ). До аналогічного результату можуть призвести забруднення, залишені в картері двигуна при проведенні чергових ТО або ремонту, заміна оливи без промивання мастильної системи двигуна, так як залишкові забруднення можуть відразу забруднити свіже масло.

Повітря, що всмоктується для утворення горючої суміші, повинно бути очищеним від забруднень. Для цього служить очищувач повітря. Але стовідсоткове очищення повітря від забруднень на практиці не можливе. Забруднення, перемішуючи з відпрацьованими газами в циліндрі, через зазори між деталями ЦПГ можуть проникнути в картер двигуна і засмічувати картерне змащення.

Забруднення особливо небезпечні паливної апаратури. Відомо, що основною причиною несправності системи живлення двигунів машин є присутність пилу, як забруднення, у паливі.

Нормальна робота паливних насосів і форсунок можлива лише тоді, коли розміри механічних домішок у дизельному паливі менші за величину зазорів у сполученнях прецизійних пар.

Звичайні фільтри можуть затримувати частинки забруднень розмірами понад 0,001-0,002 мм у поперечнику. Частинки з меншими розмірами, перебуваючи у дизельному паливі, можуть багаторазово прискорити зношування прецизійних деталей. Щоб очистити дизельне паливо від таких забруднень необхідно їх осадження, відстоюючи дизельне паливо щонайменше 48-96 год.

До забруднення навколишнього середовища можна віднести відносну вологість повітря, яка змінюється в залежності від багатьох факторів. Значення температури атмосферного повітря змінюється протягом доби та протягом року. Відомо, що зниження температури повітря на 2-5°C знижує критичну відносну вологість повітря (64%) на 14-16%.

Вода, що використовується як охолодна рідина в двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ), має наступні недоліки:

- сприяє відкладенню накипу на внутрішніх стінках елементів системи охолодження;
- активізує процеси корозії металів.

Це пояснюється тим, що вона містить солі магнію ($MgCO_3$) та кальцію ($CaCO_3$) у розчиненому вигляді.

При нагріванні води солі магнію та кальцію розкладаються з виділенням вуглекислого газу та утворенням твердого осаду карбонатів кальцію та магнію:



Ці опади поєднуються з механічними домішками і на внутрішній поверхні елементів системи охолодження утворюють накип. Найбільш характерні місця відкладень накипу та скупчення шламу у системі охолодження двигунів

внутрішнього згоряння показані на рис. 1.2.

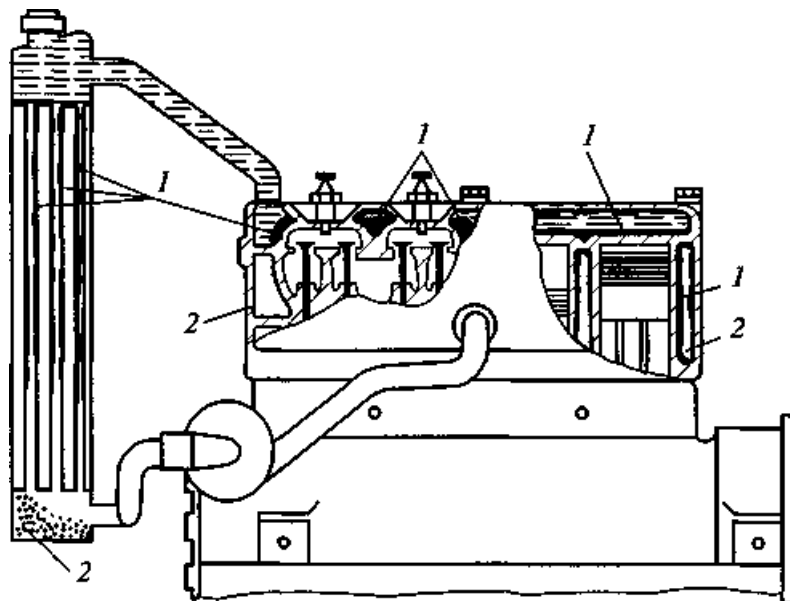


Рис. 1.2. Характерні місця відкладень накипу та скупчення шламу в системі охолодження автомобілів: 1 – накип; 2 – шлам

Через відкладення накипу в системі охолодження перегрівається двигун і порушується нормальне згоряння робочої суміші, погіршуються умови змащення та наповнюваність циліндрів повітрям. При перегріві води припиняється її циркуляція у системі охолодження. Під час експлуатації зазвичай звертають увагу лише на закипання води у системі охолодження та припинення її циркуляції внаслідок утворення парових пробок. Тим часом найчастіше перегрів двигуна знижує його потужність та економічні показники. Значна теплова напруга призводить до утворення тріщин у головці блоку двигуна.

Утворення накипу тісно пов'язане з процесом корозії металів, тому на внутрішніх стінках елементів системи охолодження найбільше відкладаються продукти корозії.

Кузови машин у процесі експлуатації схильні до дії корозійних агентів дорожніх умов. Основними компонентами забруднення поверхні доріг є іони хлору Cl^- , аміаку NH_4^+ , сульфатів SO_4^{2-} , нітратів NO_3^- .

Поверхні доріг із інтенсивним рухом транспортних засобів характеризуються кислою реакцією забруднень. Відпрацьовані гази ДВЗ, що

містять різні токсичні речовини, розсіюються в атмосферному повітрі, взаємодіють з парами води в повітрі та переважно осідають на поверхню дороги.

До групи зовнішніх забруднень відносяться старі лакофарбові покриття (ЛКП). Вони є основним видом захисту поверхонь виробів від руйнування, від впливу агресивного середовища атмосфери та надають виробам декоративного вигляду (рис. 1.3.). Нині понад 80% усіх металевих виробів захищають від корозії ЛКП. При експлуатації машин поверхні ЛКП забруднюються різними агресивними забрудненнями поверхні дороги, відбувається старіння та руйнування плівки, т.к. вони мають мікро- та макропори, які виникають при сушінні фарби через випаровування розчинників. Тому плівки ЛКМ характеризуються ступенем вологопоглинання.

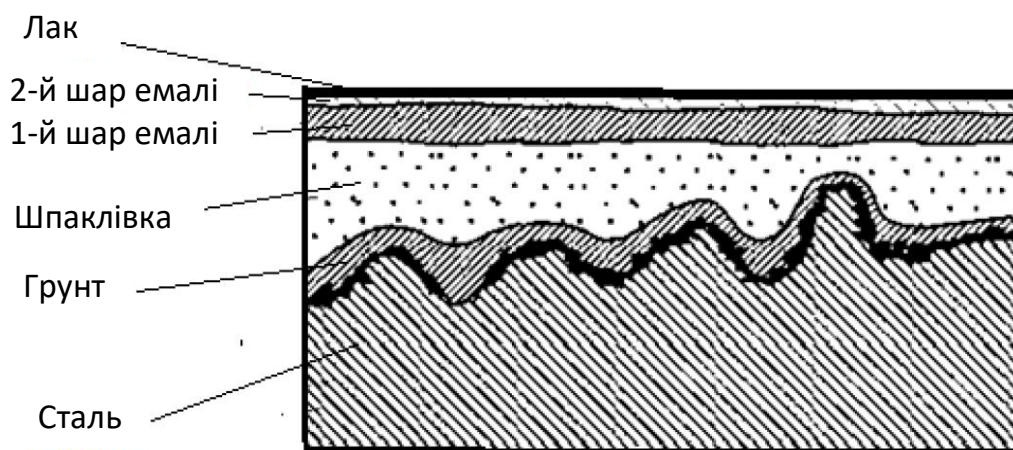


Рис. 1.3. Схема захисно-декоративного покриття на сталі

Через мікро- та макропори волога та розчинені в ній гази доходять до поверхні підкладки та викликають процеси корозії металу з утворенням продуктів корозії (рисунок 1.4).

Динаміка процесу корозії підкладки та руйнування плівки ЛКП

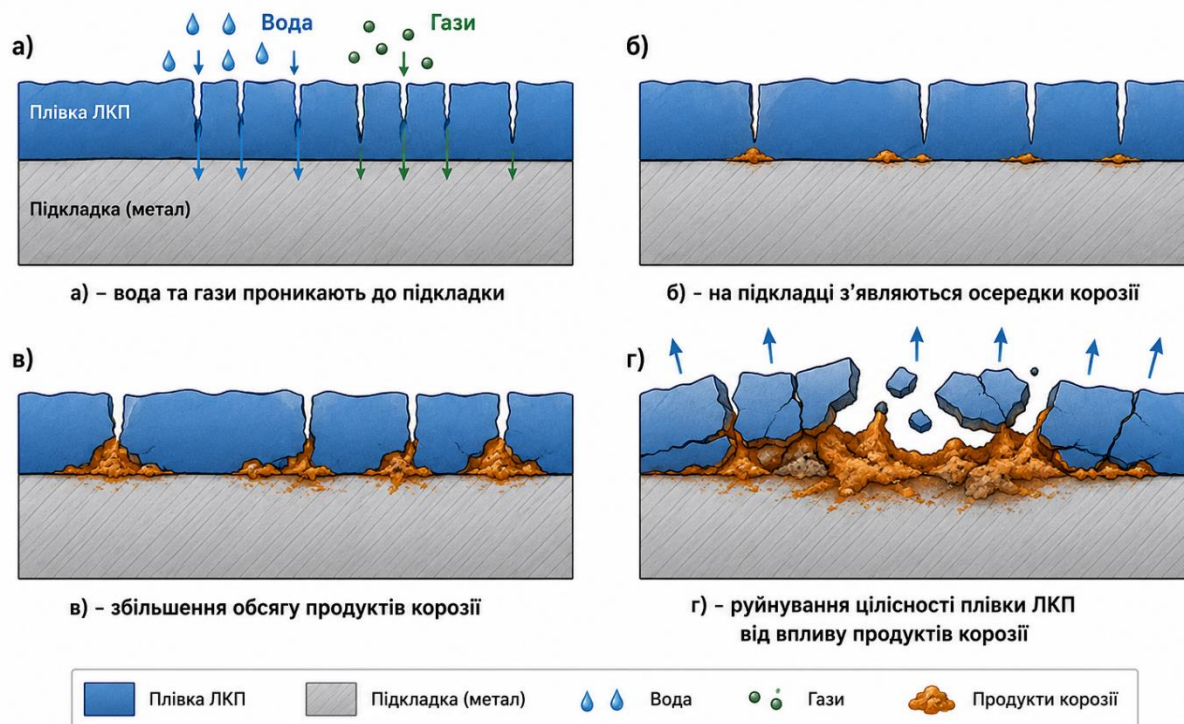


Рис. 1.4. Динаміка процесу корозії підкладки та руйнування плівки ЛКП: а) – вода та гази проникають до підкладки; б) - на підкладці з'являються осередки корозії; в) - збільшення обсягу продуктів корозії; г) - руйнування цілісності плівки ЛКП від впливу продуктів корозії

Техніка в процесі експлуатації та зберігання схильна до впливу агресивного середовища, внаслідок чого вона корозує, особливо її незахищені поверхні, зі зверненням іржі, тобто. пухкої гігроскопічної речовини, що має колір від червоно-бурої до жовтої, яка не захищає підкладку.

Корозійні процеси можуть розвиватися або в глибину або в ширину. Це залежить від корозійного середовища. Пітингова корозія, маючи невелику площу, в основному розвивається в глибину деталі, послаблюючи її механічну міцність.

Як приклад на рис. 1.5 представлена класифікація процесів корозії машин під час транспортування та внесення органічних добрив.

У теорії та практиці боротьби з корозією вчені досягли певних успіхів, проте повністю перемогти корозію не вдається.

Корозійні процеси розвиваються всіх металевих поверхнях. Крім

зниження ресурсу машин, корозія призводить до величезної втрати металу. Це прямі збитки від корозії машин. Але більш вагомим збитком є простий машин на ТО і ремонт через виходу з ладу деталей або вузлів через корозію. Корозія металів погіршує якість металевих виробів, скорочує термін служби або повністю виводить їх із ладу.



Рис. 1.5. Класифікація процесів корозії машин з транспортування та внесення органічних добрив

На пофарбованих та лакованих поверхнях корозія деталей починається зі здуття, а потім з лущення фарби або лаку. На цих місцях зазвичай спостерігаються неглибокі мушлі, заповнені продуктами корозії.

До наступного різновиду забруднень відносяться технологічні забруднення, що включають:

- лакові (кокові) відкладення в циліндрах ДВЗ;

- відкладення на внутрішніх поверхнях роздавальних коробок, редукторів, мостів тощо;

- паливно-грязеві та масляні відкладення на поверхні виробів;

- забруднення на стінках елементів системи охолодження;

- нагар

- відкладення у ресиверах пневматичної гальмівної системи, паливних баках тощо.

Існують різні підходи до класифікації забруднень.

Забруднення діляться на забруднення зовнішніх (грунтові частинки, рослинні залишки, старі лакофарбові покриття та ін.) та забруднення внутрішніх поверхонь (оливи, смолисті відкладення та ін.).

Класифікує забруднення за такими ознаками:

- характером процесів, які у забрудненні;

- за хімічним складом.

За першою ознакою забруднення поділяються на дві групи:

- забруднення, відкладення яких на деталях не супроводжуються будь-якими хімічними перетвореннями самих забруднень (оливи, пил, волога);

- забруднення, відкладення яких супроводжується їх хімічними перетвореннями (нагари, лакові відкладення, продукти корозії деталей та лакофарбові матеріали).

За другою ознакою забруднення поділяються на органічні (оливи, нагари, плівки лакофарбових матеріалів тощо), неорганічні (пил, волога, продукти корозії деталей) та змішані (спільна присутність на деталі зазначених вище речовин, а також притиральних паст, полірувальних складів тощо).

Лакові відкладення утворюються лежить на поверхні металу при впливі її температури 80-150°C. Вони мають невелику товщину близько десятих, навіть сотих часток міліметра. Лакові відкладення мають високу міцність та сприяють перегріву двигуна, підвищеній витраті оливи.

Опади (мазеподібні згустки) відкладаються на шатунних шийках колінчастого валу, на стінках картера двигуна, на фільтрах та сітках маслоприймачів, у клапанній коробці, на стінках масляних баків та маслопроводах». Вони включають продукти фізико-хімічної зміни оливи та палива, продукти зношування деталей машин та механічні домішки у вигляді пилу. Їх іноді називають смолистими відкладеннями. Якщо при заміні оливи не промити систему мастила перед заливкою свіжого оливи, масло швидко забруднюється осадами, що залишилися в картері ДВЗ.

Нагар є твердою вуглецевою речовиною. Утворюється на деталях під впливом температури понад 150°C. Нагар зазвичай відкладається на поверхні деталей, що утворюють камеру згоряння, днища поршня, на клапанах, поршневих кільцях, внутрішніх поверхнях випускних колекторах, електродах свіч запалювання і на розпилювачах форсунок. Початком його утворення є відкладення тонкого лакового шару на металевій поверхні, що зв'язує нагар з деталлю. Нагар має високі теплоізоляційні властивості та низький коефіцієнт теплопровідності, що дорівнює 0,2-0,3 ккал/год·м². Нагар може мати товщину кілька міліметрів, збільшує експлуатаційні витрати і скорочує ресурс ДВЗ.

Накип – це тверді відкладення, які утворюються в результаті випадання солей кальцію та магнію з жорсткої води (жорсткість води визначається вмістом у ній розчинних солей кальцію та магнію, вираженим у мг-екв/л). Накип майже розчиняється у питній воді. Має високі адгезійні властивості до внутрішніх поверхонь елементів системи охолодження, у зв'язку з чим застосування спеціальних засобів її видалення практично неможливо. Швидкість його також залежить від температури в системі охолодження ДВЗ.

При розгляді забруднень машин загалом, а не тільки ДВЗ, доведеться врахувати характерні забруднення трансмісій, ходової частини та інших вузлів

техніки.

Загальна схема класифікації забруднень машин за фізико-механічними властивостями дана (рис. 1.6.).

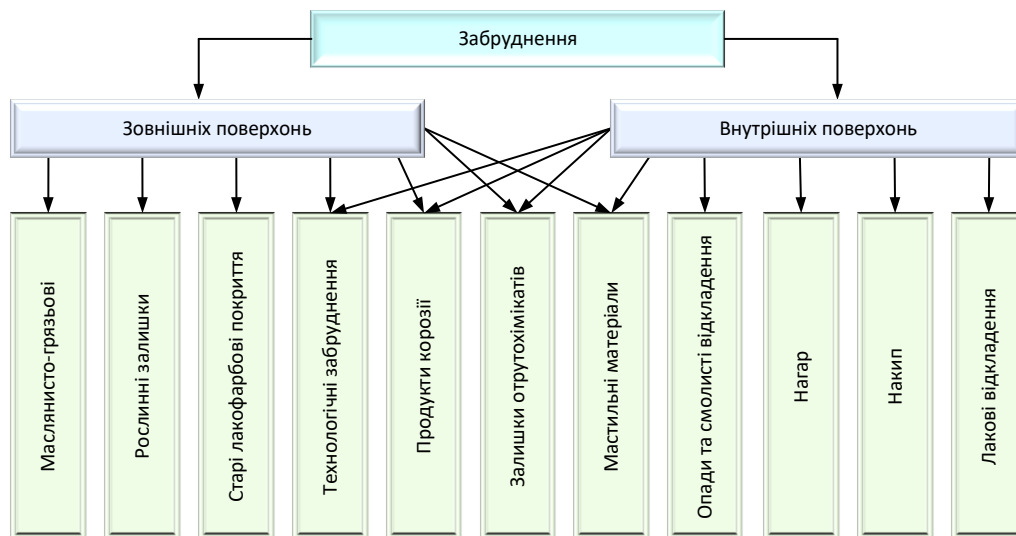


Рис. 1.6. Класифікація забруднень поверхонь агрегатів машин

Класифікація забруднень зовнішніх поверхонь машин з їхньої змочуваності наведено рис. 1.7, а, по джерелам освіти забруднень – рис. 1.8.



Рисунок 1.7 – Класифікація забруднень щодо їх змочуваності

На поверхні машин та їх агрегатів на час вступу у ремонт є різні

забруднення, які утворюються за умов експлуатації та зберігання. Наявність забруднень знижує продуктивність праці, створює додаткові незручності та неточності під час виконання ремонтних робіт, що призводить до зниження ресурсу відремонтованих агрегатів машин.



Рис. 1.8. Класифікація забруднень зовнішніх поверхонь автомобілів

1.2. Очищення та миття поверхонь деталей під час ремонту машин.

Миюче обладнання

Миття деталей у технологічних процесах ремонту машин є обов'язковим і дуже трудомістким процесом і становить близько 10% від загальної трудомісткості їх ремонту, для цього щороку витрачаються величезна кількість миючих засобів і в цьому процесі зайняті величезні людські ресурси.

У роботі вперше проведено комплексні дослідження щодо підвищення і миючих, і протикорозійних властивостей розчинів. Ми у своїй роботі продовжили дослідження у цьому напрямі, тому що при миття деталей агрегатів машин необхідно вирішити завдання та підвищення корозійної стійкості

поверхонь вимитих деталей.

Робота машин у різних погодних та дорожніх умовах супроводжується їх забрудненнями. Поверхні нижніх частин машин (шасі) зазвичай забруднюються глинистими, піщаними, органічними та іншими забрудненнями, які утворюють міцну плівку, що утруднює проводити контрольно-оглядові та інші роботи, а також знижує експлуатаційні властивості та ресурс машин.

Своєчасне миття машин дозволяє:

- знизити можливість виникнення осередків корозії, оскільки місця забруднення утворюють мікрощілини, є центрами руйнування захисних, декоративних покриттів та розвитку електрохімічної (щілинної) корозії;
- забезпечити збереження та збільшити термін служби ЛКП;
- покращити умови праці ремонтного персоналу, знизити або виключити ймовірність травматизму;
- покращити доступ до вузлів та деталей машин та полегшити проведення зовнішнього огляду;
- забезпечити естетичний зовнішній вигляд та підвищити зручність користування машинами;
- підвищити якість робіт при ТО та ремонті машин.

Збирально-мийні роботи (ЗМР) машин, а також забруднених вузлів та деталей умовно можна розділити на збиральні (первинні) та мийні роботи. Пайовий розподіл їх залежить від виду виробу.

ЗМР включають очищення машин від бруду, пилу, снігу, прибирання салону і зовнішню мийку. Вони потребують багато ручної праці. Прибирання та миття необхідно розглядати як окремі операції технологічного процесу підготовки машин до ТО та ремонту.

Миття машин передують збиральні роботи. Обсяг мийних та обсяг збиральних робіт у загальних трудовитратах ЗМР залежить від типу машини та збиральні роботи становлять велику частку у загальній трудомісткості ЗМР.

Збиральні роботи виконуються з використанням переносних або стаціонарних пирососів, що працюють у режимах «сухого» або «вологого»

збирання. Деякі професійні пилососи дозволяють проводити хімічне чищення. Миття - одна з найбільш трудомістких операцій у технологічних процесах ТО та ремонту машин. Наприклад, трудомісткість миття автомобіля КамАЗ-5320 близько 35 люд.-хв. Все це визначає необхідність механізації робіт з миття та очищення машин.

На рис. 1.9. зображено структурну схему технологічного процесу ремонту агрегатів машин.

Процес очищення включає:

- зіскоблювання забруднень ручним та механізованим інструментом;
- видалення забруднень впливом струменя.

До першого способу відносяться зіскоблювання забруднень скребками, щітками та очищення в галтувальних барабанах і вібруючих контейнерах.

Очищення деталей від забруднень зіскоблюванням виконують ручним та механізованим способом.

При ручному очищенні використовують різні скребки, металеві щітки, може використовуватись механізований інструмент. Ручний спосіб застосовується для очищення деталей (канавки поршневих кілець, форсунки), де не можна застосувати універсальне обладнання для видалення забруднень.

СТРУКТУРНА СХЕМА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ ДО РЕМОНТУ ТА РЕМОНТУ АГРЕГАТІВ МАШИН



Рис. 1.9. Структурна схема технологічного процесу підготовки до ремонту та ремонту агрегатів машин

Ефективність механізованого інструменту, що застосовується для видалення забруднень, залежить від форми та складності конфігурації виробу. Як механізований інструмент можна використовувати електричний дріль з насадкою-щіткою, барабани, що обертаються, заповнені очищаючими абразивними матеріалами, всередині барабанів розміщуються забруднені деталі і т.п.

Другий спосіб очищення включає водоструминну, гідроабразивну, піскоструминну очищення та очищення з використанням кісточнової крихти.

Для зовнішнього миття машин широко використовується гідродинамічний спосіб очищення (очищення за допомогою струменя високого тиску). При цьому способі очищення відбувається механічне руйнування забруднення, його адгезійних зв'язків з поверхнею, що очищається. При зовнішньому миття машин використовують холодну або теплу (25-30°C) воду для очищення зовнішніх поверхонь машин від різних забруднень, що містять до 35% оливи.

З метою запобігання руйнуванню плівки ЛКМ не рекомендується використовувати воду з температурою, що перевищує температуру обмиваючої поверхні, більше 18-20°C.

Струмінь миття характеризується великою витратою води, наприклад, витрата води для миття вантажного автомобіля становить 600-1200 л, для легкового - 80-100 л при тиску води 1,5 МПа. Для економії води та підвищення якості миття застосовуються спеціальні миючі засоби.

Істотна економія води забезпечується за діючої системи оборотного водопостачання. Усі підприємства-водокористувачі зобов'язані скорочувати витрату води та не допускати скидання неочищених стічних вод, для цих цілей вони повинні мати споруди для очищення води та систему повторного водовикористання.

Перевага струминного способу миття:

- можливість використання для миття різних видів машин;

- порівняльна простота використання;
- широкий діапазон технологічних режимів миття;
- збереження плівки ЛКМ та скла при його використанні. Основними параметрами, що характеризують струменеве миття, є: температура миючого розчину (води); витрати води; динамічний тиск струменя; використовувані миючі засоби.

Підвищення температури води призводить до зменшення адгезійно-когезійних зв'язків усередині забруднення та з поверхнею машини. Температура води вибирається в залежності від виду та складу забруднень, матеріалу поверхні, що очищається, вимог до якості очищення.

Динамічний тиск струменя води є найважливішим показником, що визначає її миючу здатність, величина якого залежить від форми струменя, витрати миючої рідини, тиску насоса, відстані до поверхні машини, що омивається.

Чим більша витрата миючої рідини, тим значніше збільшується сила удару її струменя. Вода відноситься до цінних природних багатств, тому домагатися збільшення сили удару струменя бажано не за рахунок збільшення витрати води, а за рахунок підвищення тиску її витікання із сопла, так як при підвищенні тиску зростає сила удару струменя.

Сила удару струменя збільшується також при зменшенні відстані до поверхні, що очищається.

Зі зростанням тиску перед насадкою продуктивність насоса збільшується. Найбільша витрата води спостерігається під час використання пістолета-розпилювача. При тиску 140-150 Па витрати води досягають 16 л/хв і перевищують витрати води при використанні турбонасадок на 14-28%».

Висока адгезія забруднень, складна конфігурація поверхонь обумовлюють необхідність використання миючих засобів.

Струменеве миття характеризується великою витратою миючої рідини, що є її основним недоліком.

Для миття вузлів, агрегатів і деталей перед ремонтом використовують

різні способи (рис. 1.10).



Рис. 1.10. Класифікація миття забруднених поверхонь агрегатів, вузлів та деталей при ремонті машин

Найбільшого поширення набули такі установки, як встановлення моделі М-205 (рис. 1.11.).

УСТАНОВКА ДЛЯ МИТТЯ ДЕТАЛЕЙ МОДЕЛІ М-205



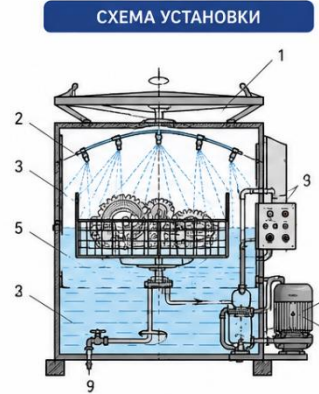
ПРИНЦИП РОБОТИ

Деталі, що підлягають миттю, укладаються в кошик. Під час обертання кошика мийочий розчин із бака через форсунки подається на поверхню деталей. Після миття розчин стікає в бак, де відбувається його фільтрація та повторне використання.

ПРИЗНАЧЕННЯ

Призначена для миття деталей машин, вузлів і агрегатів із різних матеріалів від масляних, жирових та інших експлуатаційних забруднень у ремонтних майстернях і на підприємствах.

СХЕМА УСТАНОВКИ



- 1 – кришка
- 2 – розпилювальні форсунки
- 3 – кошик для деталей
- 4 – бак для мийочого розчину
- 5 – електродвигун
- 6 – насос
- 7 – фільтр
- 8 – зливний кран
- 9 – панель керування

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Модель	М-205
Тип установки	струминна, з обертанням кошика
Продуктивність, м³/год	3,6
Робочий об'єм бака, л	205
Максимальна маса деталей у кошику, кг	50
Температура мийочого розчину, °C	40...60
Потужність електродвигуна, кВт	2,2
Напруга живлення, В	380
Габаритні розміри (Д×Ш×В), мм	1200×1000×1160
Маса установки, кг	320

ОСНОВНІ ВУЗЛИ ТА ЕЛЕМЕНТИ				
 Кошик для деталей Забезпечує розміщення деталей та їх обертання під час миття.	 Розпилювальні форсунки Створюють струмені мийочого розчину, що забезпечують якісне очищення.	 Насос Забезпечує подачу мийочого розчину до форсунок під тиском.	 Фільтр Забезпечує очищення мийочого розчину від механічних домішок.	 Панель керування Служить для керування роботою установки та контролю режимів.

Рис. 1.11. Установка для миття деталей моделі М-205

Технічна характеристика

Пневматичний привод

Тип стаціонарний з маятниковим рухом платформи Ємність, л 150

Габаритні розміри установки, мм 3150×2300×2020

Габаритні розміри мийної камери, мм 1570×1100×1200

Об'єм розчину в мийній ванні 1,5 м³, мм 970×600×600

Маса, кг 950

Призначена для миття великогабаритних деталей масою до 500 кг (блок циліндрів двигунів ЯМЗ-236, 238, 240; КамАЗ-740; ГАЗ і т.д.) та дрібних деталей при розміщенні їх у кошику у водних розчинах технічних або синтетичних миючих засобів при температурі 80. Експлуатується в приміщеннях із температурою повітря не нижче +5°C.

Мийна машина для миття деталей АМ1400АК (рис. 1.12).



Рис. 1.12. Мийна машина для миття деталей АМ1400 АК

Технічна характеристика

Діаметр кошика, мм	1400
Вантажопідйомність кошика, кг	400
Частота обертання кошика, об/хв	5-10
Габаритні розміри установки, мм	1420×1550×1600
Потужність насоса, кВт	2×2,2
Висота робочого простору, мм	750
Напруга живлення нагрівального елемента,	380
Потужність нагрівальних елементів, кВт	3×3,15
Матеріал корпусу нержавіюча	сталь завтовшки 2,0 мм
Потужність сумарна, кВт	14,00
Привід руху кошика	електромеханічний
Маса, кг	400
Об'єм миючого розчину, л	370
Час нагрівання розчину від 14°C до 90°C, хв	120

Установки для миття деталей моделі «Simplex Big» (рис. 1.13.) – це установки з автоматичним відмиванням деталей, з висувною поворотною робочою платформою та стаціонарними розпилювальними рампами.



Рис. 1.13. Установка для миття деталей моделі Simplex Big

Використовуються для знежирення різних розмірів деталей в автоматичному режимі. Панель управління складається з екрану та сенсорних кнопок, за допомогою яких можна виставити температуру в резервуарі, час обробки, бачити та чути аварійні сигнали та помилки. Відмивання відбувається завдяки вбудованій поворотній верхній "П" - образній розпилювальній рампі з соплами. Повільне обертання платформи здійснюється мотором-редуктором з граничним значенням моменту, що крутиться.

Більшість конструкцій мийних камер передбачає наявність поворотного столу вантажопідйомністю до 1200 кг із частотою обертання 1,5 об/хв. Оснащені брандспойтами, що подають нагріту миючу рідину під тиском у вигляді струменя на поверхні виробів, що очищаються.

Тривалість миття у миючих установках становить від 2 до 14 хв. і залежить від виду, концентрації та температури миючого розчину Мийка зануренням у ванну об'єктів, що підлягають ремонту, найпростіший спосіб очищення забруднених вузлів та деталей. Цей спосіб миття ґрунтується на змочуванні та розчиненні забруднень поверхонь виробів. Для цього використовують органічні розчинники, їх суміші з емульгаторами, лужні розчини та розчини синтетичних миючих засобів.

Для миття деталей та складових частин машин широко користуються методом занурення у виварювальних ваннах. Порухення миючого розчину у виварювальних ваннах відбувається дуже пасивно, в основному за рахунок конвекційного руху розчину, що визначається різницею температури розчину в ємності ванни, що є недоліком виварювальних ванн.

Для підвищення інтенсивності контактування об'єктів миття з миючою рідиною у ваннах рідину збуджують різними способами: використовуючи платформу, що коливається, лопатеві гідравлічні гвинти, ультразвук та ін.

Збільшення збудження миючої рідини можна досягти, подаючи у ванну з рідиною пари або стиснутого повітря. Однак, цей процес знижує температуру розчину, і у виїмках деталей складної конфігурації можуть утворитися повітряні бульбашки, які виключають контакт миючого розчину від поверхні, що

очищається. Конденсуюча з пари волога, збільшуючи об'єм води в розчині, знижує концентрацію миючого засобу в розчині. У зв'язку з вищевикладеним ефективніше використання цих цілей насосів і гвинтів.

На підприємствах агропромислового та транспортного комплексів країни застосовують ультразвуковий (УЗ) спосіб очищення, для чого використовують такі УЗ ванни, як УЗВ5-0,063/37, УЗВ1-0,16/37. Вони компактні, забезпечують економію енергії та ресурсів, мають невелику вартість.

Основними факторами, що визначають вибір мийного обладнання, є парк машин у господарстві, обсяг мийних робіт, перелік виробів для миття, їх габаритні розміри та маса, наявність миючих засобів, вид забруднень та ступінь забрудненості поверхонь деталей. При експлуатації мийного обладнання необхідно дотримуватись правил їх безпечного використання, які викладені в.

Для миття деталей вузлів та агрегатів машин використовують установки наступних типів:

- механізовані мийні машини (ОМ-691, ОМ-837 та ОМ-837Г);
- малогабаритні струминно-моніторні установки.

Конструктивно мийні установки мало чим відрізняються один від одного, їхня основна відмінність полягає в мийній камері.

Наприклад, установка ОМ-837 складається з мийної камери з душовим пристроєм та поворотним столом, ванни для миючої рідини з підігрівачим пристроєм та фільтрами, вентиляційного пристрою, насосної установки, приводу поворотного столу та пускової апаратури.

У ремонтній практиці поширена установка М216Е2 (рис. 1.14.). Вона використовується для миття великогабаритних деталей агрегатів різної техніки.



Рис. 1.14. Установка для миття деталей M216E2

Робоча камера установки M216E2 за своїми внутрішніми розмірами дозволяє здійснювати миття агрегатів з великими розмірами габаритними без розбирання. Внутрішні очисні пристрої, підігрів і високий тиск миючого розчину забезпечують видалення масляних і смолистих відкладень з поверхонь деталей і агрегатів, що обмиваються.

В установці застосований замкнутий цикл обороту миючого розчину.

Перед запуском машини заповнюють ванну водою до рівня контрольного крана. Включають пристрій, що підігріває, і при температурі води 60-70°C засипають миючий засіб. Для найкращого розчинення включають форсунки. Після розчинення миючого засобу доводять температуру до робочої. На поворотний стіл тельфер встановлюють кошик або піраміду з деталями. Закривши кришку, включають електродвигун форсунок приводу.

Форсунки створюють потужний потік миючої рідини, спрямований на об'єкти, що промиваються. Завдяки обертанню столу і великій швидкості потоку миючої рідини можна добре промивати не тільки зовнішні, але і внутрішні поверхні деталей. Загальний час очищення деталей двигунів становить 30 хв, трансмісії та ходової частини – 10-15 хв.

Як мийну рідину для підвищення ефективності миття можуть використовувати розчини синтетичних миючих засобів.

Гексаметилендіамін	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2
Синтамід-510	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
Оксифос-Б	-	-	6-8	-	-	-	-	-	-	-
Рідке скло $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	-	-	-	-	-	-	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; МЗ - миючий засіб (розробка МПСР); Темп – технічний миючий препарат ТМП в основному використовують для чищення деталей у мийних камерах.

Водні розчини СМЗ технічного призначення допускають очищення деталей як з чорних, так і з кольорових металів без помітної корозії. Деталі та складальні одиниці, що підлягають нетривалому зберіганню (10-15 діб), не потребують додаткової протикорозійної обробки після очищення водними розчинами СМЗ, т.к. ці засоби мають інгібуючий ефект.

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_2CO_3 , силікати $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ і фосфати натрію $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$.

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

Вони добре розчиняються у воді, негорючі та нетоксичні.

Аналіз апріорної інформації дозволяє зробити висновок, що найбільш прийнятним засобом для миття деталей двигунів у ремонтному виробництві підприємств сільськогосподарського призначення є СМЗ (технічне) «Темп-100» (ТУ 2149-133-10968286-2001), який є сумішшю ПАР, неорганічних солей і моди.

Засіб «Темп-100» призначений для видалення різних забруднень при ТО та ремонті тракторів, автомобілів, сільгоспмашин, їх агрегатів та деталей від

масляних та асфальтово-смолистих забруднень, оксидів, сажисто-вуглецевих, атмосферних та експлуатаційних забруднень. деталей, обладнання, сталевих, чавунних, алюмінієвих, нікельованих, кадмованих, забарвлених, гумових, пластмасових поверхонь перед операціями складання, 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, біорозкладається.

СМЗ Темп випускається трьох модифікацій – Темп-100Д марка А, Темп-100Д марка Б та Темп-200Д, який відрізняється більш високим вмістом ПАР та високим ступенем очищення сильно забруднених поверхонь.

Рекомендовані умови застосування:

Темп-100Д марка А, Б застосовуються в машинах струминного типу:

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

Темп-200Д застосовується в машинах занурювального типу:

- температура робочого розчину – 50-90°C;
- концентрація робочого розчину – 15-30 г/л;
- час обробки – 10-20 хв.

Темп-100 – сипучий порошок від білого до світло-жовтого кольору. Його склад наводиться у таблиці 1.1.

Його ефективність особливо проявляється при струминному миття забруднених вузлів і агрегатів, видаляючи смолисті відкладення та масляні забруднення, що сприяє підвищенню продуктивності праці та якості робіт при розбиранні агрегатів та дефектації деталей. Розчини Темп-100 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 Темп-100 у розчині підтримують у межах 5-10 г/л, а температуру – 70-90°C. У його розчин завжди вводиться інгібітор підвищення його протикорозійних властивостей. Темп-100 дозволяє скоротити час миття деталей на 20-30% порівняно з іншими СМЗ, забезпечуючи при цьому таку саму якість миття. На основі препарату Темп-100 розроблено інші його модифікації, це Темп-101А, Темп-101Д. Використання цих препаратів 1,5 рази підвищує протикорозійну стійкість вимитих деталей (до 8 днів), порівняно з іншими СМЗ. Препарат Темп-101Д 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 складу СМЗ включають інгібітори корозії, в основному хромати, які за ступенем небезпеки ставляться до другого класу небезпеки, токсичні та небезпечні, тому у своїй роботі ми маємо на увазі замінити токсичні та небезпечні інгібіторні добавки нетоксичними добавками.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ВІДРЕМОНТОВАНИХ АГРЕГАТИВ

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 під час виробництва та підтримується на стадії її експлуатації.

Після закінчення якого 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 істотна 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 найбільші галузі народного господарства. Розміри непрямих збитків значно вищі. Поряд з прямими і непрямими збитками є збитки, які не піддаються економічній оцінці наслідків корозії: забруднення навколишнього середовища, аварійні ситуації, збіднення природних ресурсів, зниження родючих ґрунтів та ін. впливати на металеві конструкції.

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

Термодинамічний показник для хімічної корозії є хімічний потенціал

металу (формула 2.1.)

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

де R - універсальна газова постійна, 8,314 Дж/моль К;

μ_0 - стандартний хімічний потенціал;

T - термодинамічна температура, К;

c_k - кінцева концентрація катіонів металу, моль/л;

c_0 - початкова концентрація катіонів металу, моль / л;

f_k - коефіцієнт активності частинок»

Для електрохімічної корозії термодинамічний показник є електродні потенціали металів, що визначаються за рівнянням Нернста (формула 2.2.)

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

де R - Універсальна газова постійна, 8,314 Дж/моль К;

E_0 - Стандартний електродний потенціал металу, В;

T - термодинамічна температура, К;

F - постійна Фарадея, 96500 Кл;

n - число електронів, що у процесі;

$a_{Me^{+n}}$ - активність іонів металу у розчині.

Здатність металів вступати у корозійні процеси виражається термодинамічний показник. Швидкість корозії в металах можна визначити з урахуванням змін (механічних, електричних, оптичних, структурних та інших.), які у корродируючих металах протягом певного проміжку часу.

Методи дослідження та оцінки корозії металів діляться на якісні та кількісні.

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

Для кількісного виміру корозії металів застосовуються вагові, об'ємні, електричні, електрохімічні, магнітометричні, манометричні та інші методи. Величину корозії щодо зміни механічних властивостей оцінюють шляхом

вимірювання межі міцності та відносного подовження.

Показником щодо швидкості корозії ваговим методом є показник швидкості корозії:

$$K = \frac{M_1 - M_2}{S \cdot t}, \left[\frac{\text{г}}{\text{м}^2 \cdot \text{год.}} \right], \quad (2.3.)$$

де M_1 - Маса зразка в початковому стані;

M_2 - Маса зразка після корозії;

t - Час випробування;

S - Площа зразка.

У ході подальших досліджень залежність (2.3.) була перетворена на (2.4.) з урахуванням габаритних розмірів дослідних зразків та коефіцієнтів:

$$K = \frac{M_1 - M_2}{2[ab + (a+b)c] - \frac{\pi a^2}{2} + \pi dc} \cdot \frac{10000 \cdot 8760}{T}, \quad (2.4.)$$

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;

π – 3,14 - математична постійна величина;

8760 - коефіцієнт для переведення годину на рік;

1000 – коефіцієнт для перекладу кг у м.

При кількісній оцінці корозії металів необхідно враховувати фактор нерівномірності корозії:

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

де S_k – поверхня зразка, м²;

S_o - Загальна поверхня зразка, м².

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

Протикорозійна стійкість деталей пояснюється наявністю захисної плівки на поверхні, яка утворюється за рахунок інгібіторів корозії присутніх у багатокомпонентному миючому розчині. Зазначимо, що захисна плівка

утворюється не лише завдяки інгібіторам 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 могла захищати метал від корозії, він повинен мати хороші адгезійні властивості, суцільність, стійкість до агресивного середовища.

Залежно від товщини захисні плівки бувають:

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

Суцільність захисної плівки можна визначити із співвідношення:

- $V_{ok} > V_{Me}$ - Суцільна плівка;
- $V_{ok} < V_{Me}$ - Несуцільна плівка,

Де V_{ok} - обсяг оксиду;

V_{Me} - об'єм металу.

Підраховано:

$$V_{Me} = \frac{A}{d} \cdot V_{ok} = \frac{M_{ok}}{nD_{ok}}, \quad (2.6.)$$

де d – щільність металу;

A – атомна вага металу;

M_{ok} – молекулярна маса оксиду;

D_{ok} - щільність оксиду;

n - число атомів металу в молекулі оксиду.

Звідси випливає, якщо

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

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

Руйнування захисних плівок може відбуватися у вигляді мікротріщин, бульбашок 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°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, втомою 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.).

Рис. 2.1. Схема формування рівня ресурсу відремонтованого двигуна

На коефіцієнт ресурсу впливає ряд факторів, функціональна залежність від якого запишеться у вигляді:

$$K_{PEC} = f(K_{MЗ}; K_{ІЗ}; K_{ОД}; K_{ДЕФ}; K_{СТ}; K_{РР}; K_{ТОР}), \quad (2.7.)$$

де $K_{MЗ}$ - коефіцієнт, що враховує вплив миючої здатності розчину на ресурс;

$K_{ІЗ}$ - коефіцієнт, що враховує вплив інгібуючої здатності розчину на ресурс;

$K_{ОД}$ - коефіцієнт, що враховує вплив якості очищення деталей (підвищує якість дефектування деталей) на ресурс;

$K_{ДЕФ}$ - коефіцієнт, що враховує вплив якості дефектування деталей (підвищує якість виконання робіт з ТО та ремонту) на ресурс;

$K_{СТ}$ - коефіцієнт, що враховує вплив корозійної стійкості поверхонь деталей на ресурс;

$K_{РР}$ - коефіцієнт, що враховує вплив ресурсу окремих деталей на ресурс

машини;

K_{TOP} - коефіцієнт, що враховує вплив якості ТО та ремонту на ресурс.

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 простоювання машин через несправність.

Складові формули (2.8.) впливають і раціональний ресурс машини та її агрегатів, і навіть її залишкову вартість під час продажу. На основі викладеного можна стверджувати, що ресурс є важливою складовою споживчої цінності машини.

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

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.

Так, добавка тетраборату амонію (ТБА) у кількості 5 г/л у 7% водний розчин «Темп-100» при миття деталей у процесі ремонту двигунів Д-243 тракторів МТЗ-80, збільшує ресурс двигунів Д-243 більш, 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 покращення миючих властивостей розчину «Темп-100», що забезпечує високу якість дефектувальних 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 знову розробленого миючого складу для миття деталей вузлів та агрегатів при ремонті сприяє підвищенню ресурсу машин.

2.2. Теоретичне обґрунтування впливу ефективності процесу миття деталей на ресурс відремонтованої машини

Основною причиною зниження ресурсу машини є зношування її деталей. Для попередження зношуванняу сполучення шляхом своєчасного проведення мастила, регулювальних робіт і заміни деталей, що швидко зношуються, для підтримки машини в працездатному стані та відновлення її технічних характеристик встановлюються ТО і ремонт.

Технічне обслуговування; ТО: комплекс організаційних заходів та технічних операцій, спрямованих на підтримку працездатності (справності) об'єкта та зниження ймовірності його відмов при використанні за призначенням, зберіганням та транспортуванням.

Цей процес включає діагностування всіх систем машини і виявлення найменших несправностей. Регулярне ТО машин із використанням сучасної апаратури дозволить значно підвищити ресурс машин та їх агрегатів.

Основні види ТО:

- планове ТО (інші галузеві назви: профілактичне, регламентоване) – технічне обслуговування, постановка на яке здійснюється відповідно до вимог документації;
- позапланове ТО (інші галузеві назви: коригуюча, нерелігментована) – технічне обслуговування, постановка на яке здійснюється

без попереднього призначення за технічним станом.

Планове ТО машини проводиться відповідно до графіка ТО, а позапланове проводиться перед продажем або новим власником після придбання перед сезонними роботами незалежно від технічного стану машини з метою забезпечення справного стану.

При ТО проводять сукупність всіх технічних впливів, вкладених у підтримку чи повернення виробу працездатний стан.

ТО виконується самих підприємствах АПК чи АТК, чи спеціалізованих підприємствах. З метою попередження несправностей та відмов машин або його агрегатів на сільськогосподарських та автотранспортних підприємствах проводять профілактичні заходи ТО, що включають діагностування, сезонне обслуговування (СО), миття та очищення.

Ремонт: Комплекс технічних операцій та організаційних дій щодо відновлення справного або працездатного стану об'єкта та відновлення ресурсу об'єкта або його складових частин.

Ремонт включає локалізацію, діагностування, усунення несправності та контроль функціонування.

Ремонти поділяються на планові та позапланові:

➤ плановий ремонт – ремонт, який виконується за планом відповідно до вимог документації. Планові ремонти за обсягом виконуваних робіт, трудомісткості та періодичності проведення поділяються на поточні, середні та капітальні.

➤ позаплановий ремонт – ремонт, не передбачений планом. Непланові ремонти можуть бути обумовлені відмовою об'єкта, появою пошкоджень (несправностей), порушенням правил технічної експлуатації. Непланові ремонти поділяються на аварійно-відновлювальні та ремонти за станом».

Залежно від призначення, характеру виконуваних робіт та їх обсягу ремонт буває поточним (ПР) та капітальним (КР), при цьому проводять КР та ПР машини, а також КР та ПР двигуна.

Проведення ПР передбачає усунення відмов, забезпечення нормативних

ресурсів машин та їх агрегатів до КР, забезпечення безвідмовної роботи відремонтованих агрегатів до чергового ТО.

ТР може виконуватися на самих підприємствах АПК або спеціалізованих сервісних та ремонтних підприємствах. Під час проведення ПР можуть бути замінені окремі пошкоджені чи зношені деталі агрегатів. Заміна базових деталей під час проведення ПР не передбачено.

Ресурс агрегату та можливість подальшої експлуатації визначаються станом та ремонтпридатністю базової деталі.

ТО та ПР машин виконується на універсальних постах, ремонт та регулювання агрегатів – на спеціалізованих ділянках. До постових робіт відносяться ті, які виконуються безпосередньо на машині: мийні, збиральні, кріпильні, мастильні з агрегатами, знятими з машини. На посади покладають виконання всіх робіт з ПР одного або декількох агрегатів.

Потреба в ПР виявляється при контрольно-оглядових роботах ТО та у процесі використання машини. Водій машини оформляє заявку на ПР із зазначенням переліку робіт для відновлення справного стану машини.

Машину направляють у КР за необхідності капітально відремонтувати кабінку (кузов) і раму, чи більшість агрегатів, а агрегат – за необхідності замінити чи відремонтувати його базову деталь.

Потреба машини (агрегату) в КР встановлюється перевіркою їх стану після виконання нормативного напрацювання (в мото-год) до КР.

КР двигуна машини включає збирально-мийні, контрольно-дефектувальні, контрольно-діагностичні та регулювальні, кріпильні, мастильно-заправні та розбирально-складальні, слюсарно-механічні та фарбувальні роботи.

Збирально-мийні роботи призначені для:

- підтримки необхідного санітарного стану по машині загалом;
- підтримання естетичного зовнішнього вигляду;
- захисту ЛКП від руйнування доквіллям;
- видалення забруднень із поверхонь агрегатів та вузлів машини;
- створення сприятливих умов для проведення ТО та ТР;

- підвищення якості проведення діагностичних, контрольно-дефектувальних та регулювальних робіт;
- забезпечення високої корозійної стійкості поверхні вимитих деталей (з використанням розробленого у цій роботі миючого складу).

Оцінку впливу перерахованих робіт на ресурс відремонтованого двигуна в балах через їх показники: середній ресурс та середній термін зберігання відповідно можна подати у вигляді таблиці 2.1.

Як видно з таблиці 2.1 з усього переліку робіт КР і на ресурс, і збереження двигуна одночасно максимально впливають тільки ЗМР. Це підтверджує, що для підвищення ресурсу та збереження відремонтованого двигуна, в першу чергу необхідно вдосконалювати операції ЗМР.

Таблиця 2.1.

Вплив робіт з КР на ресурс та зберігання двигуна, в балах

Найменування робіт	Вплив на	
	ресурс	збереження
Збирально-мийні	3	3
Контрольно-дефектувальні	3	1
Контрольно-діагностичні та регулювальні	3	1
Кріпильні	3	1
Мастило-заправні	3	2
Розбирально-складальні	3	1
Слюсарно-механічні	3	2
Фарбувальні	2	2

Примітка: "1" - незначний вплив; "2" - середній вплив; "3" - максимальний вплив.

Ресурс деталей машин обумовлений двома взаємопов'язаними факторами: напрацюванням та календарним терміном служби.

В останні роки в Україні рідше стали виконувати КР машин. У країнах

взагалі відмовилися від КР машин, переважно проводять КР агрегатів. Якість виконання кожної операції ремонту визначає ресурс машини.

Технологічний процес ремонту машини починається з розбірно-очисних робіт, а завершується збиранням.

Якість машин після ремонту, їх гарантована справність у певний проміжок часу регламентується технічними умовами на здачу в КР та видачу з КР машин, їх агрегатів та вузлів.

Як відомо, ресурс відремонтованого агрегату залежить від якості його ремонту. Усі чинники, що впливають на якість ремонту, можна згрупувати у дві групи (рис. 2.2.): технологічні; організаційні.

Рис. 2.2. Вплив якості ремонту на ресурс відремонтованих агрегатів

Одним із факторів, що належать до технологічних, є підвищення ефективності та вдосконалення технологічних процесів ремонту машин. Це завдання можна реалізувати удосконаленням миття деталей, використовуючи миючі розчини, розроблені в цій роботі.

Трудомісткість (t) операцій ТО (ремонту) – це витрати на виконання в заданих умовах операції або групи операцій ТО (ремонту), що вимірюються в нормо-одинацях (людино-годинах або людино-хвилинах).

Якщо операцію, ТО (ремонту) виконує один працівник, то тривалість її виконання дорівнює чисельному значенню трудомісткості. Якщо цю роботу одночасно можуть виконувати кілька працівників (P), то тривалість скорочується у (P) разів і становитиме:

$$t_c = \frac{t}{\varepsilon P}, \quad (2.9.)$$

де ε - Коефіцієнт сумісності роботи декількох виконавців, $0 < \varepsilon \leq 1$.

Розрізняють нормативну та фактичну трудомісткість:

➤ нормативна трудомісткість є рекомендованою виробником, коректируемой і використовуваної для підприємства визначення кількості та оплати праці виконавців (тарифна ставка, крб./ч), і навіть розрахунку з клієнтами.

➤ фактична трудомісткість - це витрати на виконання певної операції певним виконавцем. Є випадковою величиною та відрізняється від нормативної.

Для встановлення залежності загальної трудомісткості технологічного процесу ремонту агрегату (двигуна) машини від удосконалення технології миття скористаємося аналізом структури операцій та ремонту (рисунки 2.3.).

Загальна трудомісткість технологічного процесу ремонту агрегату (двигуна) машини $t_{\text{заг}}$ дорівнює сумі трудомісткостей окремих операцій.

$$t_{\text{заг}} = t_{\text{зн}} + t_{\text{п.м.}} + t_{\text{роз.}} + t_{\text{м.д.}} + t_{\text{деф.}} + t_{\text{комп.}} + t_{\text{зб.}} + t_{\text{обк.}} + t_{\text{прис.}} + t_{\text{зб.}},$$

(2.10.)

де $t_{\text{зн}}$ – трудомісткість зняття двигуна з машини;

$t_{\text{п.м.}}$ -трудомісткість зовнішнього миття двигуна;

$t_{\text{роз.}}$ -трудомісткість розбирання двигуна на вузли та деталі;

$t_{\text{м.д.}}$ -трудомісткість очищення та миття вузлів та деталей;

$t_{\text{деф.}}$ - трудомісткість дефектації деталей;

$t_{\text{комп.}}$ -трудомісткість комплектування;

$t_{\text{зб.}}$ -трудомісткість складання двигуна;

$t_{\text{обк.}}$ -трудомісткість обкатки та випробування двигуна;

$t_{\text{прис.}}$ -трудомісткість встановлення двигуна на машину.

Рис. 2.3. Схема технологічного процесу ремонту двигуна.

Аналіз формули 2.12. дозволяє зробити висновок, що загальна трудомісткість технологічного процесу ремонту двигуна машини при використанні для миття його агрегатів, вузлів та деталей розчину знову розробленого ефективнішого складу буде істотно знижена, т.к. трудомісткості таких операцій, як зовнішнє миття двигуна, очищення та миття вузлів та деталей двигуна, дефектація деталей будуть знижуватися, в першу чергу, за рахунок скорочення тривалості миття та дефектації.

Питома трудомісткість технологічного процесу ремонту двигуна також знижуватиметься через те, що напруження машини в експлуатаційному циклі

між двома ремонтами двигуна при миття його деталей у процесі ремонту з використанням розчину знову розробленого складу збільшується на 19%.

2.3. Механізм миючої дії багатокомпонентного 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, солюбілізація та піноутворення.

Комплекс, перелік і повнота перерахованих явищ у процесі миття залежить від поверхні, що обмивається, виду забруднення, очищається середовища, складу, 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 θ , який утворюється між проекцією дотичної, проведеної до поверхні рідини з точки контакту твердої – Т, рідкої – Р і газоподібної – Г поверхонь, і самої дотичної (рис. 2.4.). 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 (рисунок 2.4., а). Якщо крайовий кут гострий, то адгезійні властивості переважають над когезійними і поверхня, що очищається, змочується розчином (рисунок 2.4., б). Миття забруднених поверхонь деталей можливе тільки при $0^\circ < \theta < 90^\circ$ $\theta=0$ (рис. 2.4., б і в).

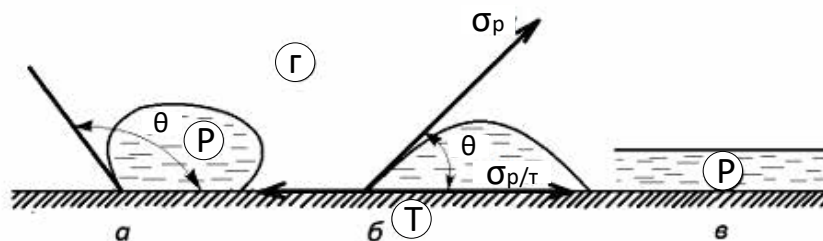


Рис. 2.4. Крайові кути змочування поверхні, що обмивається:

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 покращення змочування гідрофобних забруднень у складі миючих розчинів повинні міститися ПАР (поверхнево-активні речовини).

Молекули ПАР можуть розташовуватися у воді таким чином, що їхня гідрофільна частина (полярна «головка») занурюється у воду, а гідрофобна (вуглеводнева «хвостова» сторона) частина повертається до верху (рис. 2.5.). 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.

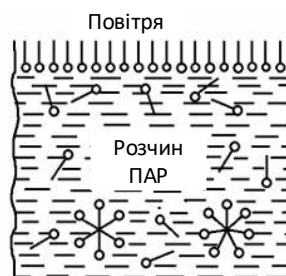


Рис. 2.5. Концентрація молекул ПАР на поверхні розділу фаз: повітря-розчин ПАР

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 складі СМЗ виконують ПАР, а роль інгібіторів – спеціальні протикорозійні добавки.

Утворення емульсії шляхом переходу частинок забруднення обсяг 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. 2.6), де вони подрібнюються і містяться в розчині. Цей процес називають диспергуванням. Дуже важливо, щоб миючий розчин виключив можливість осідання частинок забруднень на поверхню деталей, що обмиваються.

Схема переходу частинок оливного забруднення в обсяг розчину

1 – деталь; 2 – забруднення (оливні частинки); ПАР – поверхнево-активна речовина

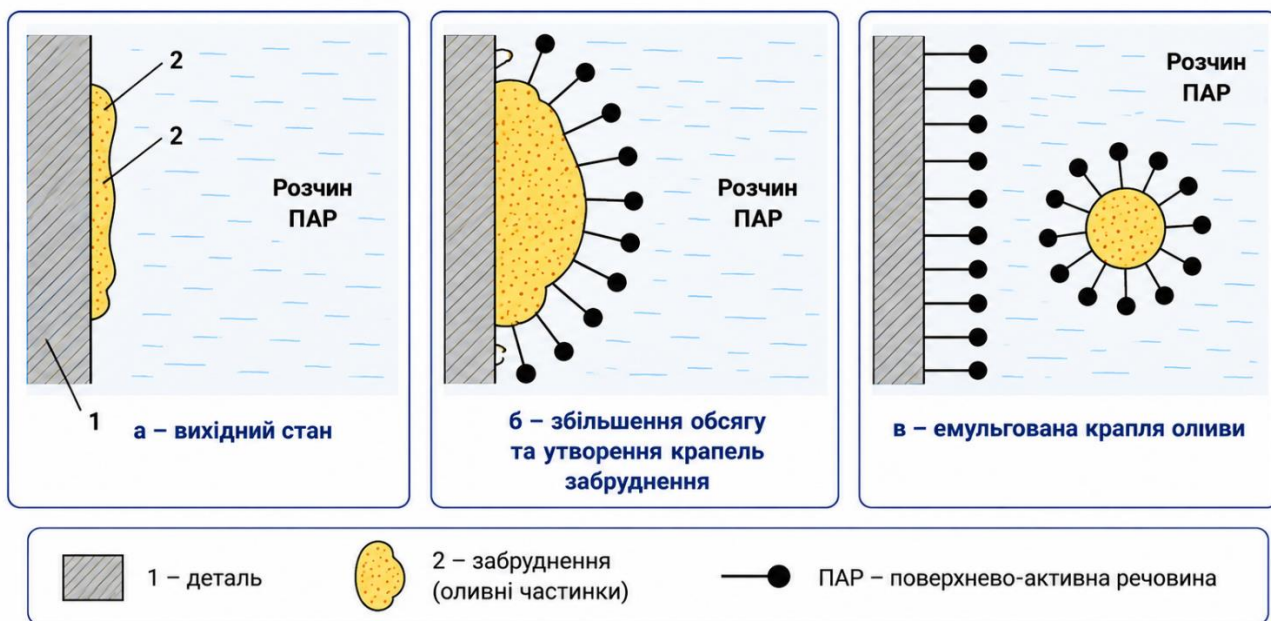


Рис. 2.6. Схема переходу частинок масляного забруднення обсяг розчину:

1-Деталь; 2-забруднення; а – вихідний стан;

б- збільшення обсягу та утворення крапель забруднення;

в- емульгована крапля оливи

Стабілізатор – це речовина, яка перешкоджає злиттю крапель.

Роль стабілізатора в миючому розчині в основному виконують емульгатори (рис. 2.7.).

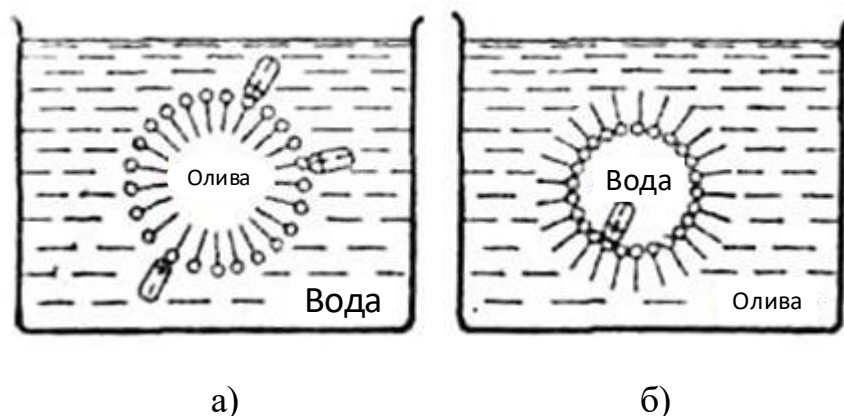


Рис. 2.7. Стабілізація емульсій: а) – пряма; б) – зворотна Солюбілізацією називають здатність миючого розчину утримувати в своєму обсязі частки забруднень. Іноді її називають колоїдним розчиненням. Солюбілізація підвищує температурну стійкість миючих розчинів при охолодженні та нагріванні.

Пептизацією називають процес підвищення роздробленості (дисперсності) часток забруднення. 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 явним піноутворенням.

Піна – великі бульбашки газу в розчині, розділені плівковими стінками, що утворюють дисперсійне середовище.

Причиною утворення піни в миючому розчині є влучення 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 і занадто рясна, 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. Бульбашки повітря виявляються ув'язненими в плівку, внутрішня сторона якої є гідрофобною, а зовнішня – гідрофільною.

Для запобігання повторному осадженню частинок забруднень на поверхні деталей, що обмивається, до складу 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 (рисунок 2.8):

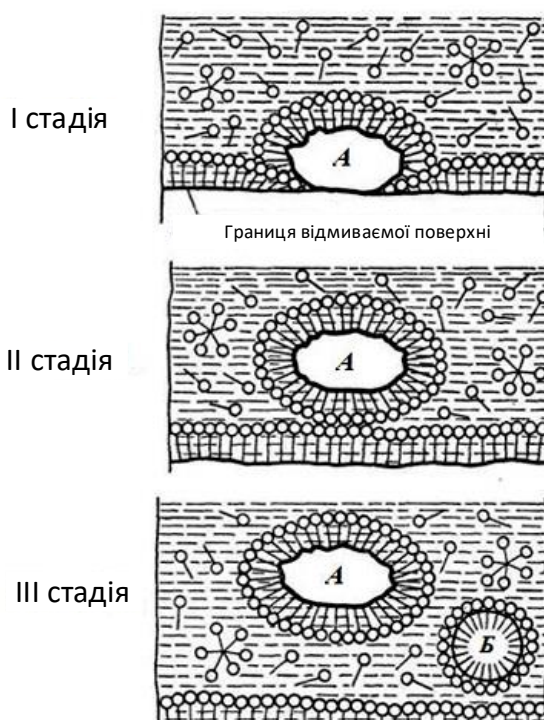


Рис. 2.8. Стадії процесу миття деталей

- I стадія – молекули ПАР концентруються лежить на поверхні частки забруднення і поверхні деталі;
- II стадія – частка забруднення відокремлюється від поверхні, що відмивається деталі;
- III стадія – рідка частка забруднення спливає 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 (істинного або колоїдного) в рідкому середовищі адсорбуватися на поверхні розділу фаз [рідина – газ (пар), рідина – рідина, рідина – тверде тіло] з відповідним зниженням.

ПАР поділяються на іоногенні та неіоногенні (рисунок 2.9.).

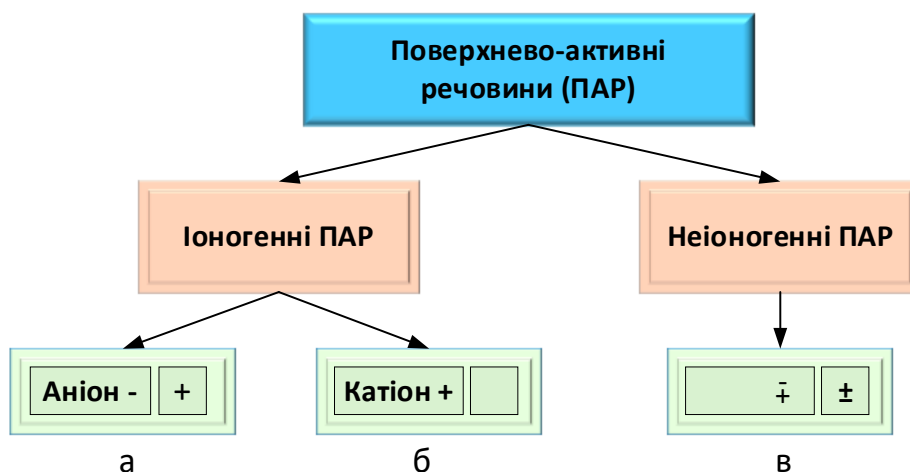


Рис. 2.9. Класифікація ПАР із зображенням схеми їх молекул:

а- Аніоноактивні; *б* - катіоноактивні; *в* – неіоногенні

Іоногенні ПАР – це ПАР, здатні дисоціювати у воді. За характером іонів, що утворюються, вони діляться на дві основні групи. Якщо вуглеводнева частина молекули ПАР входить до складу аніону, то сполуку відносять до аніоноактивних ПАР (рис. 2.9., а). Відповідно катіоноактивні ПАР (рис. 2.9., б) утворюють у водних розчинах катіони, що містять вуглеводневі радикали.

Молекули неіоногенних ПАР містять полярні групи, що не іонізуються, до складу яких входять атоми кисню, азоту і сірки. Одні автори припускають, що неіоногенні ПАР можуть виявляти властивості аніоноактивних ПАР, інші стверджують, що вони здатні проявляти катіоноактивний характер. Ці твердження умовно показані рис. 2.9., в.

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

Забруднення поверхні деталей поділяється на три умовні шари (рис. 2.10):

- а – зовнішній шар, що складається з пилу та інших легковидільних домішок;
- б- Середній шар, що складається з більш щільних компонентів і для видалення вимагає спеціальних механізмів;
- в- Внутрішній шар, складається з компонентів підвищеної міцності і для видалення вимагає використання СМЗ та спеціальних добавок до них.

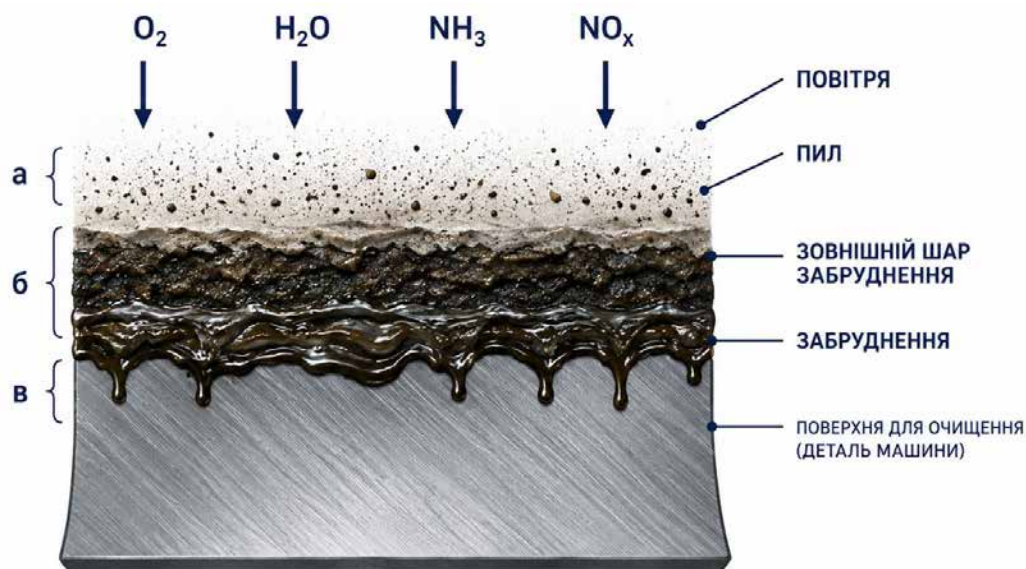


Рис. 2.10. Загальний вид забруднення на поверхні машин

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:

$$P = m_0 \cdot v_0 \cdot (1 - \cos \alpha) = \rho \cdot \omega_0 \cdot v_0^2 \cdot (1 - \cos \alpha) H, \quad (2.11.)$$

де m_0 – секундна маса рідини, кг/с;

v_0 - швидкість потоку (швидкість закінчення води з сопла), м/с;

α - Кут відтікання струменя від точки зустрічі з перепорою, радий;

ω_0 - живий переріз струменя, що набігає, м²;

ρ - Щільність рідини, кг/м³.

Отже, сила удару струменя прямо-пропорційна швидкості потоку, що визначається за формулою (2.12.):

$$v_0 = \varphi \cdot \sqrt{2gH}, \quad (2.12.)$$

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/с².

Силу удару струменя P , не змінюючи витрату води Q , можна збільшити шляхом зменшення діаметра сопла d і збільшення швидкості витікання води v_0 . Це впливає з формули (2.13.) з урахуванням формули для визначення витрати води через вільний переріз насадки діаметром d :

$$Q = \frac{\pi d v_0}{4 \cdot 1000}, \quad (2.13.)$$

Умови відриву частинки забруднення від поверхні деталі, що обмивається, визначаються за рис. 2.11. із схеми сил впливу струменя рідини на частинку забруднення.

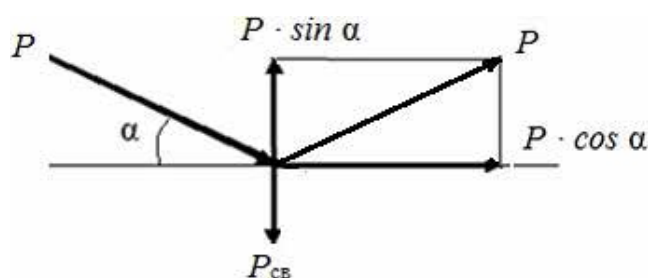


Рис. 2.11. Схема сил впливу струменя рідини на частину забруднення

поверхні деталі

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

$$P \cdot \sin \alpha \gg P_{\text{вл.}}, \quad (2.14.)$$

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

- температура миючої рідини;
- 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:

$$C_{\text{оч.}} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100\%, \quad (2.14.)$$

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

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

Для комплексної оцінки СМЗ недостатньо визначення ступеня очищення поверхонь забруднень. Важливе значення для цього має здатність СМЗ підвищувати протикорозійну стійкість поверхні, що обмивається деталей за рахунок утворення на ній тонкої захисної плівки, що виключає додаткову обробку деталей різними консерваційними складами, наприклад, інгібованим водно-восковим складом (ІВВС), захисною водно-Восковий дисперс.

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

3.1. Методика дослідження мийних властивостей розчинів у лабораторних умовах

Для дослідження миючих властивостей розчинів у лабораторних умовах застосовували лабораторну мийну установку (рис. 3.1.).

ЛАБОРАТОРНА МИЙНА УСТАНОВКА

- ① – двостінна термостатована ванна ємністю 1,5 л
- ② – сорочка
- ③ – зразок
- ④ – кронштейн
- ⑤ – електродвигун з частотою обертання 300 хв^{-1}
- ⑥ – термометр
- ⑦ – пропелерна мішалка

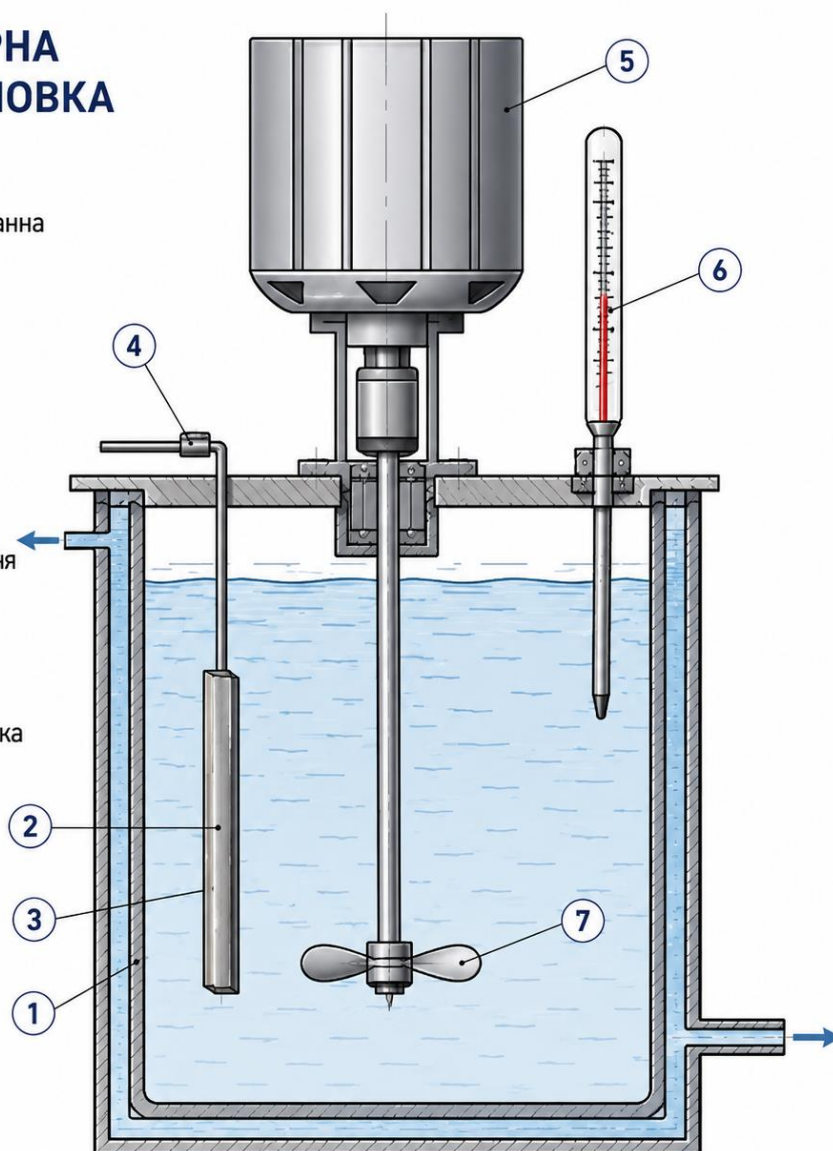


Рис. 3.1. Лабораторна мийна установка: 1 – двостінна термостатована ванна ємністю 1,5 л; 2 – сорочка; 3 – зразок; 4 – кронштейн; 5-електродвигун з частотою обертання 300 хв^{-1} ; 6 – термометр; 7 – пропелерна мішалка

Температуру розчину у ванні об'ємом 1 л підтримували прокачуванням гарячої води через сорочку. Розчин у ванні активували за допомогою

пропелерної мішалки 7.

Визначення миючої здатності розчину проводили з використанням як зразок 3 сталеві, шліфовані з одного боку пластини розмірами $30 \times 100 \times 2$ (мм), як модельного забруднення – суміш дизельного (моторного) оливи, що відпрацювало, і смолистого відкладення з центрифуги співвідношенням 2:1. Для установки зразків мийну установку використовували кронштейн 4, для контролю температури рідини – термометр 6.

Методика виконання робіт з дослідження миючої властивості розчинів описана і була наступною:

1. Підготовка зразків:
 - видалення продуктів корозії;
 - знежирення поверхні зразків з одного боку віденським вапном;
 - промивання холодною водою;
 - просушування між листами фільтрувального паперу;
2. Вимір розмірів зразків;
3. Зважування зразків із занесенням даних до таблиці 3.1.;
4. Нанесення на знежирену поверхню зразків модельного забруднення у кількості 0,1 г рівномірним шаром. Витримування зразків повітря протягом 30 хв. Зважування зразків із забрудненням та занесення даних до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Форма таблиці експериментів

№ п/п	Найменування миючого засобу	Концентрація миючого засобу	Тривалість миття, мін	Температура миючого розчину, °C	Маса зразка, г	
					до миття (із забрудненням)	після миття

5. Установка зразка із модельним забрудненням у мийну установку.
6. Заливання у ванну мийної установки 1л миючого розчину та його нагрівання до температури відповідно до програми випробування.
7. Визначення миючої здатності розчинів;
8. Визначення змочуваності миючих розчинів;
9. Внесення отриманих даних до таблиці.

Миючу здатність визначали ваговим методом, що ґрунтується на визначенні відсотка змивності забруднень з поверхні деталі:

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

де M_1 - маса зразка до очищення (з модельним забрудненням), г;

M_2 - маса зразка після очищення, г.

У цьому забруднення наносяться лише з одного боку зразка, т.к. при двосторонньому нанесенні забруднення зважування зразка на терезах утруднюється і можливе припущення помилок у визначенні маси завданого забруднення.

3.2. Методика підготовки зразків для експериментів

Для лабораторних досліджень використовували експериментальні зразки розмірами 301002 (мм), виготовлені з листової (рис. 3.2.).

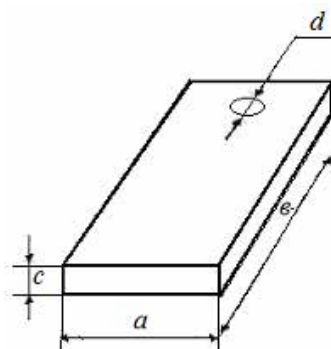


Рис. 3.2. Експериментальний зразок із сталі 40Х:

а – ширина, в – довжина, с – товщина, d – діаметр отвору

Матеріалом експериментальних зразків вибрано сталь 40Х у зв'язку з тим, що більшість деталей двигунів Д-243 виготовлені саме з цієї сталі (таблиця 3.2.).

Забруднення наносили на один бік зразка за допомогою пензлика, визначали масу зразка із забрудненням, в кронштейні готували пакети з 5 зразків, встановлювали кронштейн в лабораторну установку та мили.

Таблиця 3.2.

Матеріали деяких деталей двигуна Д-243

Найменування деталі	Позначення	Матеріал
Блок циліндрів	240-1001010	Високоміцний сірий чавун
Головка блоку циліндрів	240-1001020	Високоміцний сірий чавун
Вал колінчастий	240-1005020-Б2	Сталь 40Х2АФЕ
Маховик	245-1005120	СЧ20
Шатун	240-1004112-А	Сталь 40ХН2МА
Болт шатунний	А20.07.002	Сталь 40ХН2МА
Шків (колінчастого валу)	240-1005133-М	СЧ20
Поршень	245-1004021	АК 12 (АЛ 25)
Палець поршневий	50-1004042-А1	Сталь 12ХН3А
Кільце компресійне	А27.00.02-02	Спеціальний чавун
Кільце компресійне	А27.01.02-129	Спеціальний чавун
Кільце маслознімне	А27.1170.000	Спеціальний чавун
Втулка (верхньої головки) шатуна	240-1004115-А	Сталь 10-бронза ОФ6,5-0,15
Кришка шатуна	240-1004125-А	Сталь 40ХН2МА
Гайка шатунного болта	А20.03.001	Сталь 40ХН2МА
Шестерня ведуча	50-1403075-В	Сталь 40Х
Шестерня ведена	50-1403115-Б	Сталь 40Х
Шестерня приводу масляного насоса	245-1403228	Сталь 40Х

Визначення ступеня очищення, протикорозійної стійкості, швидкості

корозії (убути маси з одиниці площі в одиницю часу, $\text{г/м}^2 \cdot \text{год}$), відносної похибки вимірювань габаритних розмірів та визначення маси зразків проводили за методикою.

Отримані результати експериментів заносили до таблиці.

3.3. Обґрунтування кількості паралельних дослідів

З метою встановлення кількості паралельних зразків для отримання однієї точки експерименту необхідно визначити міру варіабельності результатів та розрахувати мінімальну потрібну кількість тест-зразків, яка розраховується за результатами попередніх дослідів:

$$N = \frac{t^2 \cdot v^2}{\varepsilon^2}, \quad (3.2.)$$

де v – нормоване відхилення результатів (за нормального закону розподілу та надійності експериментів $p = 0,05$ та $t = 1,96$);

v - Коефіцієнт варіації, розрахований за результатами попередніх експериментів або аналогічних досліджень, описаних у наукових звітах;

ε - Прийнята відносна помилка експериментів, задається експериментатором на рівні 1, 3, 5, 7, 10%.

Під час проведення попередніх експериментів кількість дослідів чи паралельних зразків визначається за таблицею випадкових чисел.

Для наочності проведемо аналогічні дослідження з миючими розчинами. Вихідні дані:

- зразки розмірами 100x30x2 мм, підготовлені відповідним чином. На один бік зразків наносили штучне забруднення;
- рівень значимості $p = 0,5$, відносна помилка $\varepsilon = 3\%$, тоді $t = 1,96$ (квантиль розподілу Ляпунова, тоді $N = 11$ (перетин колонки 24 з рядком 8 у таблиці випадкових чисел)).

Вихідні дані – маса завданого забруднення (таблиця 3.3.).

Перевіримо належність крайніх членів низки до сукупності за допомогою критерію: τ

$$1. \text{ лівий член } \tau_{\text{лів.}} = \frac{x_2 - x_1}{x_{n-1} - x_1} = \frac{3,0010 - 2,9621}{3,5620 - 2,9621} = 0,065 \quad (3.3.)$$

$$2. \text{ правий член } \tau_{\text{прав.}} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_2} = \frac{3,5620 - 3,5590}{3,5620 - 3,0010} = 0,0183 \quad (3.4.)$$

$$\tau_{\text{табл.}}(p = 0,05; n = 11) = 0,450, \quad (3.5.)$$

$$\tau_{\text{розрах.}} < \tau_{\text{табл.}}(p; n).$$

Звідси випливає, що це члени належать сукупності.

Таблиця 3.3.

Маса зразків, підготовлених до експериментів

Маса зразків, підготовлених до експериментів

№ зразка	Маса чистого зразка, г	Маса зразка зі штучним забрудненням, г	Маса забруднень, г
1	46,2821	49,2442	2,9621
2	45,9907	48,9917	3,0010
3	46,2533	49,1804	2,9271
4	45,4172	48,5650	3,1478
5	45,9010	49,1300	3,2290
6	45,7122	49,0528	3,3406
7	46,0329	49,4907	3,4578
8	45,7188	49,2278	3,5090
9	45,8024	49,3535	3,5511
10	46,7070	50,2660	3,5590
11	45,5555	49,1175	3,5620
Сума	505,3711	544,6196	36,2466
Середнє значення	45,9437	49,5109	3,2951
Стандартне відхилення	0,3587	0,3960	0,2469
Мінімальне значення	45,4172	48,5650	2,9271
Максимальне значення	46,7070	50,2660	3,5620
Коефіцієнт варіації, %	0,78	0,80	7,49

Примітка: маса забруднень визначена як різниця між масою зразка зі штучним забрудненням та масою чистого зразка.

Визначимо дисперсію, середньоквадратичне відхилення та коефіцієнт варіації ряду, для чого скористаємось допоміжною таблицею 3.4.

- Середньоарифметичне:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{11} \cdot 36,2466 = 3,295\%, \quad (3.6.)$$

- Дисперсія:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{0,75220}{11-1} = 0,07522, \quad (3.7.)$$

- середньоквадратичне відхилення:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{0,07522} = 0,1743, \quad (3.8.)$$

- Коефіцієнт варіації:

$$v = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{0,1743}{3,295} \cdot 100\% = 3,32\%, \quad (3.9.)$$

Таблиця 3.4.

Допоміжні розрахунки

№ п/п	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	2,9621	-0,2309	0,0533
2	3,0010	-0,1919	0,0368
3	2,9271	-0,1659	0,0275
4	3,1478	-0,0451	0,0020
5	3,2290	0,1360	0,0185
6	3,3406	0,2134	0,0455
7	3,4578	0,2648	0,0701
8	3,5090	0,3160	0,0998
9	3,5511	0,3580	0,1282
10	3,5590	0,3660	0,1339
11	3,5620	0,36905	0,1362
Сума:	36,24659		0,7522

Сукупність підпорядковується нормальному закону розподілу випадкових чисел.

Паралельна кількість експериментів (повторності) при відносній помилки $\varepsilon = 3\%$ складе:

$$N = \frac{t^2 \cdot v^2}{\varepsilon^2} = \frac{1,96^2 \cdot 3,32^2}{3^2} = 4,7, \quad (3.10.)$$

Приймаємо кількість повторності $N = 5$.

3.4. Методика підвищення ефективності технологічного процесу миття деталей

Ресурс відремонтованих агрегатів та машини загалом залежить від удосконалення технологічного процесу миття деталей. Таке явище пояснюється підвищенням якості ремонтних робіт та підвищенням корозійної стійкості деталей, пов'язаного з формуванням на поверхні тонкої захисної плівки.

У роботі для підвищення ефективності технологічного процесу миття в розчин СМЗ "Темп-100" додавали $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7$ - тетраборат амонію (ТБА). Миття деталей здійснювали за раціональними параметрами процесу миття.

Для визначення раціонального складу миючого розчину спочатку визначили раціональну концентрацію «Темп-100» у водному розчині, а потім визначали раціональний склад миючого розчину зі спеціальною добавкою ТБА.

Для цього користувалися математичним плануванням експериментів плану $N = 2^2$.

Ввели позначення:

x_1 – концентрація «Темп 100» у розчині;

x_2 – концентрація ТБА у розчині.

У ході експериментів одночасно змінювалися концентрації «Темп-100» та ТБА. Склали матрицю планування за методикою (таблиця 3.5.).

Таблиця 3.5.

Матриця планування повного факторного експерименту плану $N = 2^2$

Найменування	Значення змінних		Результати дослідів y_n
	x_1	x_2	
Основний рівень	O_{x_1}	O_{x_2}	
Інтервал варіювання λ_i	λ_1	λ_2	
Верхній рівень варіювання «+»	$O_{x_1} + \lambda_1$	$O_{x_2} + \lambda_2$	
Нижній рівень варіювання «-»	$O_{x_1} - \lambda_1$	$O_{x_2} - \lambda_2$	

Позначення факторів	x1	x2	
Досліди:			
№1	-1	-1	y1
№2	+1	-1	y2
№3	-1	+1	y3
№4	+1	+1	y4

Масштаби по осях вибиралися з таким розрахунком, щоб верхній рівень варіювання відповідав +1, а нижній – 1.

Кодовані значення факторів розраховували за такою формулою:

$$x_{\lambda} = \frac{O_n - O_{x_i}}{\lambda_i}, \quad (3.11.)$$

де O_n , O_{x_i} - натуральні значення факторів і основного рівня;

λ_i - інтервал варіювання.

У ході експериментів встановлювали ступінь очищення (y_n), яка визначає миючу здатність досліджуваних розчинів, залежно від змінних факторів $x_1, x_2, \dots, x_n$, (концентрації «Темп 100» і ТБА у розчині) і виражали у вигляді залежності (3.7.), яка називається функцією відгуку.

Функція відгуку для повного факторного експерименту плану $N = 2^2$:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2, \quad (3.12.)$$

де b_0, b_1, b_2, b_{12} - коефіцієнти регресії, визначаються за формулою:

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ji} \cdot y_n}{N}, \quad (3.13.)$$

де x_1, x_2 – концентрації СМЗ та ТБА відповідно;

N - кількість експериментів.

У двофакторному експерименті було досліджено вплив концентрацій «Темп-100» та ТБА на миючі властивості розчину. З виконаних раніше лабораторних досліджень було встановлено раціональну концентрацію СМЗ «Темп-100» та спільно з ним добавки ТБА. Досліджували розчини «Темп-100» з добавкою ТБА різних концентрацій.

За методикою, було складено матрицю планування експерименту плану

$N = 2^2$ (таблиця 3.6.).

Таблиця 3.6.

Матриця планування експерименту плану $N = 2^2$

Найменування	Значення змінних		
	x_1	x_2	x_i
Основний рівень O_{x_i}	O_{x_1}	O_{x_2}	O_{x_i}
Інтервал варіювання λ_i	λ_1	λ_2	λ_i
Верхній рівень «+»	$O_{x_1} + \lambda_1$	$O_{x_2} + \lambda_2$	$O_{x_i} + \lambda_i$
Нижній рівень «-»	$O_{x_1} - \lambda_1$	$O_{x_2} - \lambda_2$	$O_{x_i} - \lambda_i$

У нашому випадку експеримент складається з чотирьох варіантів (таблиця 3.7.). За варіантами дослідів перший фактор чергується на нижньому та верхньому рівні поперемінно, а чергування другого фактора на нижньому та верхньому рівні відбувається через два варіанти дослідів.

Знаки "+" і "-" означають "+1" і "-1", або верхній і нижній рівні варіювання кодованих значень факторів.

Таблиця 3.7.

Повний двофакторний експеримент плану $N = 2^2$

№ варіанта	План			Розрахунок x_1, x_2	Вихід			Середнє значення $\bar{y}_i$	Дисперсія S_j^2
	x_0	x_1	x_2		y_1	y_2	y_3		
1	+	-	-	+					
2	+	+	-	-					
3	+	-	+	-					
4	+	+	+	+					
Примітка – x_0 – фіктивна змінна, вводиться щодо розрахунків.									

Експерименти та статистичну обробку результатів проводили використовуючи методику. Оцінку впливу змінних факторів x_1 та x_2 на вихідний

параметр здійснювали за знаком і величиною коефіцієнтів при факторах отриманого рівняння регресії.

3.5. Методика дослідження сполуки бору як добавки для покращення миючих та інгібіторних властивостей розчину «Темп-100»

У зв'язку з тим, що способів оцінки ефективності ТБА як добавки для поліпшення миючих та інгібіторних властивостей розчину «Темп-100» немає, оцінку проводили за результатами експериментальних досліджень.

Для вирішення поставлених завдань проведено такі варіанти експериментів:

- 7% розчин «Темп-100» без добавки ТБА (контроль);
- 7% розчин «Темп-100» з добавкою ТБА

Експерименти проводились з дотриманням умов програми досліджень:

- концентрація «Темп-100» у водному розчині, г/л – 70 (7% розчин);
- активізуюча добавка – ТБА;
- матеріал зразків – сталь 40Х;
- температура розчинів, °С – 85-90;
- метод вимірювання (спостереження) – гравіметричний та візуальний

за допомогою лупи дворазового збільшення.

В експериментах (визначалися) фіксувалися такі показники:

- ступінь очищення зразків, %;
- тривалість часу до появи перших осередків корозії на зразках, діб;

Інгібіторні властивості досліджуваної добавки оцінювали за такими критеріями:

Швидкість корозії (ρ) визначали за втратою маси зразків, віднесеної до одиниці поверхні за одиницю часу за формулою:

$$\rho = \frac{m_0 - m}{S \cdot t}, \quad (3.14.)$$

де m_0 і m - маса зразків до і після досвіду, г;

S - площа платівки, м²;

t - час проведення досвіду, год.

Інгібіторний ефект, який показує, скільки разів інгібітор уповільнює швидкість корозії, обчислювали за формулою:

$$\gamma = \frac{\rho_0}{\rho}, \quad (3.15.)$$

де ρ і ρ_0 – швидкість корозії у присутності інгібітору та без нього відповідно.

Ступінь захисту, що характеризує повноту придушення корозії, визначали у %:

$$Z = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho} \cdot 100\%, \quad (3.16.)$$

Інгібіторні властивості ТБА у виробничих умовах оцінювали за тривалістю часу до появи на поверхні вимитих зразків перших вогнищ корозії в умовах атмосфери ділянки та ремонту.

Перевірку проводили візуально за допомогою збільшувальної лупи один раз на добу.

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Визначення раціональної концентрації «Темп-100» у розчині

Для уточнення раціональної концентрації «Темп-100» у водному розчині визначали ступінь очищення (%) поверхні зразків із сталі 40Х від забруднень та її протикорозійну стійкість до та після миття у водному розчині «Темп-100». Протикорозійну стійкість вимитих зразків визначали за інтервалом часу з моменту завершення миття до появи на поверхні зразків перших вогнищ корозії в умовах атмосфери ділянки та ремонту машин.

Умови експерименту:

- тривалість миття зразків – 5 хв;
- концентрація «Темп-100» у миючому розчині, % (0,0; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0)

температура розчину – 85-90°C;

забруднення – штучне;

кількість зразків у варіанті – 5;

- вихідний результат – ступінь очищення, %,
- протикорозійна стійкість, доба.

Результати експериментів зведено до Додатку А (таблиця А.1).

У ході статистичної обробки результатів досліджень оцінено кореляційну залежність параметрів, що цікавлять, а також проведено регресійний аналіз результатів досліджень. Для кращого сприйняття візуального результату зображені у вигляді графіків.

Математична статистична обробка результатів включає три етапи.

Перший етап включає перевірку належності виходів генеральної сукупності, що різко відрізняються, для чого скористалися критерієм Стюдента t , який передбачає виключення різко відрізняються даних з масиву результатів.

Перший варіант: «Темп-100» до розчину не додавався, тобто. Його концентрація дорівнює 0%. Вихідні результати (ступінь очищення): 10,26; 11,76; 11,18; 13,53; 10,85%.

Після ранжування: 10,26; 10,85; 11,18; 11,76; 13,53%.

Лівий член:

$$\tau_{\text{лів.}} = \frac{y_2 - y_1}{y_5 - y_1} = \frac{10,85 - 10,26}{13,53 - 10,26} = \frac{0,59}{3,27} = 0,18 < \tau_{\text{табл.}} = 0,807, \quad (4.1.)$$

Правий член [112]:

$$\tau_{\text{прав.}} = \frac{y_n - y_{n-1}}{y_n - y_1} = \frac{13,53 - 11,76}{13,53 - 10,26} = \frac{1,77}{3,27} = 0,541 < \tau_{\text{табл.}} = 0,807, \quad (4.2.)$$

І лівий, і правий члени належать ряду:

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

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

Визначимо середнє значення ряду S , дисперсію ϑ , середньоквадратичне відхилення та коефіцієнт варіації. Підготовчі розрахунки наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Підготовчі розрахунки

Вихідні значення, y_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:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{5} \cdot 57,58 = 11,52\%, \quad (4.3.)$$

➤ дисперсія:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} = \frac{6,2498}{5-1} = 1,5625, \quad (4.4.)$$

➤ стандартне відхилення:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{1,5625} = 1,25, \quad (4.5.)$$

➤ коефіцієнт варіації:

$$v = \frac{S}{\bar{y}} \cdot 100\% = \frac{1,25}{11,52} \cdot 100\% = 10,85\%, \quad (4.6.)$$

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

За значенням коефіцієнта варіації можна стверджувати, що сукупність підпорядковується закону розподілу.

Такі ж розрахунки зроблено для інших концентрацій «Темп-100» у розчині: 1,0; 3,0; 5,0; 7,0 та 9,0%.

На другому етапі визначали вид зв'язку між ступенем очищення (y) та концентрацією (x). (Додаток А, таблиця А.2).

Визначили коефіцієнт кореляції r

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{505,54}{\sqrt{60,84 \cdot 4718,27}} = 0,944, \quad (4.7.)$$

Таке значення коефіцієнта кореляції підтверджує дуже сильну залежність ступеня очищення концентрації «Темп-100» в розчині.

На етапі проведено регресійний аналіз.

На рис. 4.1. наведено графічне уявлення впливу концентрації СМЗ «Темп-100» у розчині на ступінь очищення зразків.

З малюнка 4.1. слід, що з підвищенням концентрації "Темп-100" до 7% ступінь очищення зразків інтенсивно збільшується, що не можна затверджувати при подальшому збільшенні концентрації. Отже, 7% концентрація «Темп-100» в розчині буде раціональною.

З умови 100% очищення деталей раціональна концентрація складу «Темп-100» у його водному розчині складе:

$$y = -13,99 + 35,579x - 2,8366x^2$$

$$100 = -13,99 + 35,579x - 2,8366x^2$$

$$x_{\text{рац.}} = 7,27\% \approx 7,0\%$$

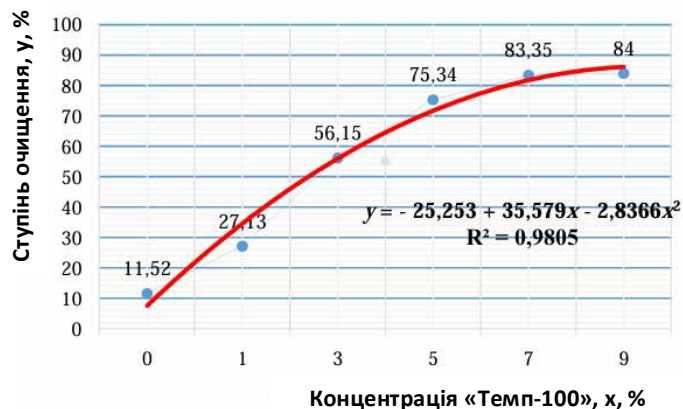


Рис. 4.1. Вплив концентрації СМЗ «Темп-100» на ступінь очищення зразків при температурі розчину 85-90°C та тривалості миття 5 хв

Експериментальні та розрахункові значення раціональної концентрації складу "Темп-100" у його водному розчині корелюють один з одним, що підтверджує правильність її визначення.

Результати експериментів щодо вивчення залежності корозійної стійкості зразків із сталі 40Х від концентрації СМЗ «Темп-100» у розчині наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2.

Залежність корозійної стійкості зразків із сталі 40Х від концентрації СМЗ «Темп-100» у розчині, на добу

Концентрація «Темп-100» у розчині, %	Тривалість часу до появи перших вогнищ корозії на поверхні зразків	
	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

Дані таблиці 4.2 підтверджують, що «Темп-100» має слабку інгібуючу дію в розчині.

4.2. Поліпшення миючих властивостей розчину "Темп-100"

Апріорна інформація доводить, що бороглюконати, борати лужних металів, борати амонію та інші боратні комплекси мають миючі властивості у водних середовищах, тому у своїй роботі ми досліджували ТБА як спеціальну добавку для покращення миючих властивостей розчинів СМЗ «Темп-100».

Умови експериментів:

- 7% розчин СМЗ «Темп-100»;
- добавка: ТБА концентрацією 1; 2; 3; 4; 5; г/л;
- температура розчину 80-85°C.

Вплив концентрації ТБА в 7% розчині «Темп-100» на ступінь очищення

зразків представлений на рис. 4.2.

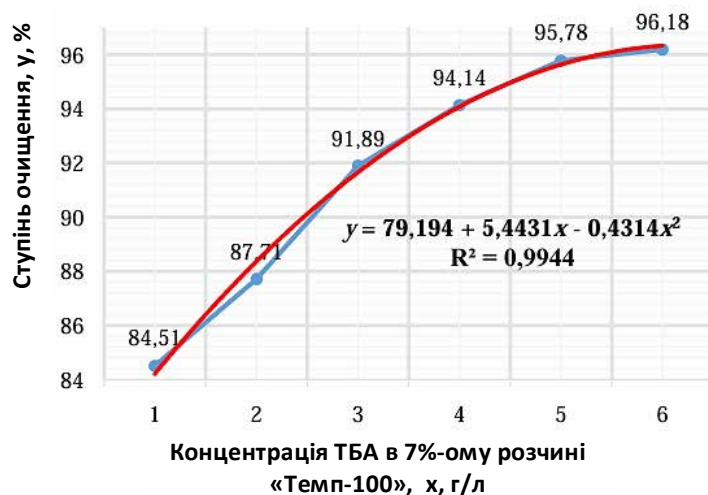


Рис. 4.2. Вплив концентрації ТБА в 7% розчині «Темп-100» на ступінь очищення зразків

Значення коефіцієнта достовірності ($R^2=0,9944$) дозволяє визначити поліноміальний характер впливу концентрації ТБА в 7% водному розчині «Темп-100» на ступінь очищення зразків.

Рис. 4.2 дозволяє стверджувати, що концентрація ТБА 5 г/л у 7% розчині «Темп-100» є раціональною. Без присутності ТБА у розчині ступінь очищення 83,35%.

4.3. Вплив добавки на протикорозійні властивості розчину «Темп-100»

Борати лужних металів та амонію є хорошими, екологічно менш шкідливими інгібіторами у різних середовищах.

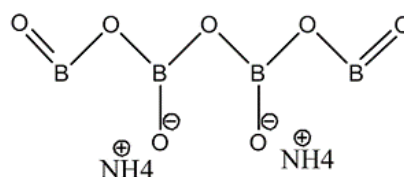
Розглядаючи їх хімічні формули, припустимо, що вони мають інгібіторні властивості. Однак їх інгібіторні властивості вивчені недостатньо.

Як відомо, бор легкодоступний, нетоксичний хімічний елемент, що зустрічається в природних об'єктах як мікроелемент, тому його сполуки можуть бути використані як добавки в розчини СМЗ для підвищення їх миючих та протикорозійних властивостей. У зв'язку з цим отримання нетоксичних, недорогих та ефективних інгібіторів корозії металів на основі сполук бору є

актуальним, тому як активізує добування в розчин «Темп-100» ми пропонуємо з'єднання ТБА, як отримане з недефіцитної сировини.

Було висунуто гіпотезу щодо можливості поліпшення протикорозійних властивостей «Темп-100» шляхом додавання ТБА.

Тетраборат амонію, 4-хводний $(\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, кваліфікація «Ч», ТУ 6-09-2654-78. Кристалічний, при 87°C зневоднюється, $t_{\text{розл}}=190^\circ\text{C}$, розчиняється у воді (8,7% при 25°C), має таку структурну схему:



Тетраборат амонію, безбарвні кристали, молекулярна вага 171,9 г/моль.

Отримують взаємодією розчинів борної кислоти та аміаку.

Компонент інгібіторів корозії, добрив.

Виробник та постачальник: Alfa Aesar – лідер у сфері виробництва хімічних реактивів, працює на ринку реактивів Росії понад 50 років.

Попередньо проаналізували концентрації різних інгібіторів корозії чорних металів у нейтральних середовищах, наведені у (таблиця 4.3).

З таблиці 4.3. видно, що концентрації більшості інгібіторів корозії чорних металів у нейтральних середовищах становить від 0,01 до 0,54% у корозійному середовищі. Виходячи з цього, і концентрації боратів як інгібітори корозії у водних середовищах приймаємо на рівні (5 г/л) 0,5%.

Таблиця 4.3.

Концентрації та ступінь захисту різних інгібіторів корозії чорних металів у нейтральних середовищах

№№ п/п	Найменування інгібітору	Концентрація інгібітору, %	Ступінь захисту, %
1	Гідразин N_2H_4	0,01-0,25	52,4-69,3
2	Натрій миш'яко кислий Na_3AsO_3	0,02	99,2
3	Фосфорна кислота (орто) H_3PO_4	0,001-3	88,2
4	Метиламонійкремнефторістоводневий $(\text{CH}_3\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{SiF}_6$	0,01-0,5	80-90
5	Етилендіамін(1,2-етондіамін) $\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_2$	0,04	74

6	Етиленгліколь + олеїнова кислота	0,15-0,20	75-80
7	О-фталева кислота	0,54	80-90
8	Натрій ітаконовокислий	0,01-0,05	90
9	Натрій коричнюкислий, гідро- $\text{NaOOCCH}_2\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$	0,1-0,15	100
10	Натрій лимонікислий	0,01-0,02	100

Інгібіторні властивості ТБА у лабораторних та виробничих умовах вивчали за методиками:

Результати лабораторних досліджень інгібіторних властивостей ТБА за щільністю анодного струму наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4.

Вплив присутності ТБА в 7% розчині СМЗ «Темп-100» на зміну щільності анодного струму при різних значеннях потенціалу сталі 40Х

Концентрація ТБА у 7%-му розчині «Темп-100», г/л	Щільність анодного струму (i_a), мкА/см ² , пасивної області при різних значеннях потенціалу сталі (Е, В по х.с.е.)			
	Е = 0,0В	Е = 0,2В	Е = 0,4В	Е = 0,6В
0	4,0	4,2	4,3	4,4
5	2,4	2,6	2,8	3,0

Для потенційного динамічного вимірювання щільності анодного струму скористалися потенціостат П-5848, як електрод порівняння - хлорсрібним електродом (хсе).

Дані таблиці 4.4. показують, що у присутності ТБА у розчині «Темп-100» значення щільності анодного струму нижче, ніж у розчині без ТБА, отже, і швидкість руйнування сталі у розчині «Темп-100» у присутності ТБА нижче, ніж у розчині без ТБА. Це підтверджує, що розчин «Темп-100» з добавкою ТБА у кількості 5 г/л має вищі інгібіторні властивості.

Було вивчено вплив ТБА на швидкість корозії, інгібіторний ефект, ступінь захисту сталі 40Х за 30 діб у 3% розчині NaCl у присутності СМЗ «Темп-100» концентрацією 7%, таблиця 4.5., малюнки 4.3.-4.4.). Дослідження проводились за методикою.

З малюнків 4.3.-4.5. видно, що в 3% розчині NaCl кращі протикорозійні властивості виявляє 7% розчин «Темп-100» з добавкою ТБА концентрацією 5 г/л.

Це тим, що швидкість корозії сталі 40Х при цьому мінімальна і має значення, рівне $15,35 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot 10^{-3}$, інгібіторний ефект і ступінь захисту від корозії сталі 40Х мають максимальні значення, рівні 1,97 і 97,4%, відповідно.

Таблиця 4.5.

Зміна швидкості корозії ($K_{\text{ср.}}$), інгібіторного ефекту ($\gamma_{\text{ср.}}$) та ступеня захисту ($Z_{\text{ср.}}$) сталі 40Х за 30 діб залежно від складу корозійного середовища

Корозійне середовище	Концентрація ТБА корозійному середовищі, г/л	$K_{\text{ср.}}$, $\text{г/м}^2 \cdot \text{год.} \cdot 10^{-3}$	$\gamma_{\text{ср.}}$	$Z_{\text{пор.}}, \%$
3% розчин NaCl (контроль)	0	30,32	1,0	0
3% розчин NaCl+7% розчин «Темп-100»	0	23,02	1,32	31,7
3% розчин NaCl+7% розчин «Темп-100» +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

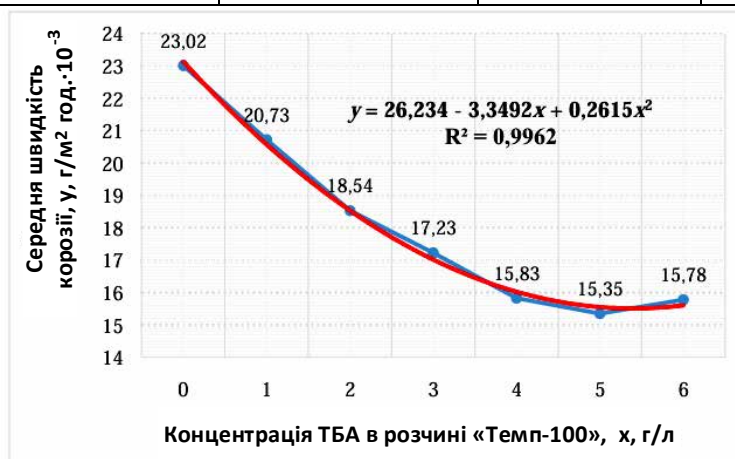


Рис. 4.3. Вплив концентрації ТБА на швидкість корозії ($K_{\text{ср.}}$) сталі 40Хв 3% розчині NaCl у присутності «Темп-100» концентрацією 7% за 30 діб

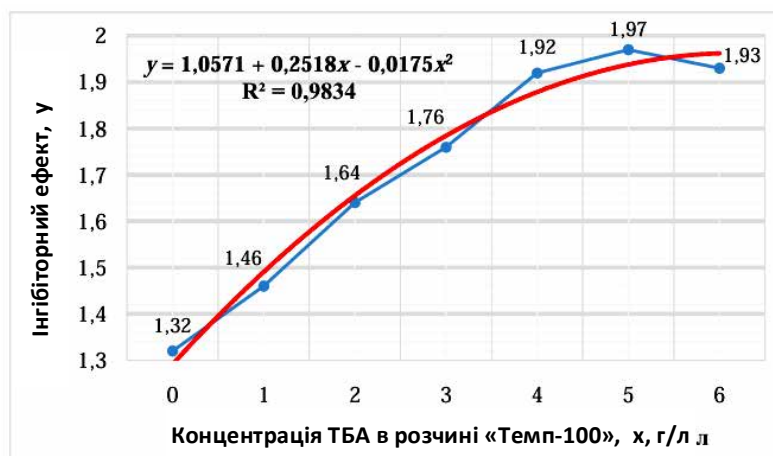


Рис. 4.4. Вплив концентрації ТБА на інгібіторний ефект (упор.) у 3%-му розчині NaCl у присутності «Темп-100» концентрацією 7% за 30 діб

При подальшому збільшенні концентрації добавки до 6% спостерігається деяке збільшення швидкості корозії сталі 40Х в розчині до $15,78 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot 10^{-3}$, зниження інгібіторного ефекту і ступеня захисту до 1,93 і 92,1% відповідно, що підтверджує раціональність концентрації добавки Т0,0-1,0-1.

Залежність корозійно-електрохімічної поведінки сталі 40Х від присутності ТБА у розчині «Темп-100» вивчено методом зняття потенціодинамічних кривих поляризаційних (рис. 4.6.).

З рис. 4.6. видно, що розчин «Темп-100» у присутності ТБА концентрацією 5 г/л має кращі протикорозійні властивості ніж без ТБА. Це можна пояснити тим, що в розчині «Темп-100» з ТБА потенціал початку розчинення металу (крива 2-2') зміщений більш позитивну сторону щодо потенціалу корозії (крива 1-1') у розчині «Темп-100» без ТБА.

У розчині «Темп-100» з добавкою ТБА на поверхні деталі формується тонка оксидна захисна плівка, що викликає пасивацію сталі.

Результати електрохімічних та гравіметричних досліджень корелюють один з одним. ТБА уповільнює і анодний, і катодний процеси.

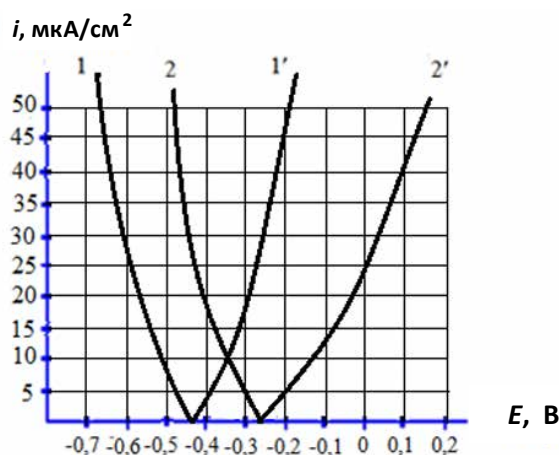


Рис. 4.6. Анодні та катодні потенціодинамічні поляризаційні криві сталі 40Х у 7%-му розчині СМЗ «Темп-100»:

без добавки ТБА – 1-1'; з добавкою ТБА - 2-2 ';

Протикорозійні властивості ТБА у виробничих умовах визначали за тривалістю часу з моменту завершення миття в досліджуваному розчині до появи перших вогнищ корозії на поверхні деталей. Миття деталей проводили в 7%-му розчині «Темп-100» з добавкою ТБА концентрацією 1,0, 2,5, 5,0 і 6,0 г/л (таблиця 4.6 і Рис. 4.7).

Таблиця 4.6.

Результати виробничих досліджень впливу концентрації ТБА на протикорозійні властивості 7%-го розчину «Темп-100»

Концентрація ТБА, г/л	Тривалість часу до появи перших вогнищ корозії, на добу	
	кожного зразка	Середня за варіантами
Зразки без миття (контроль)	3, 4, 2, 3, 4	3,2
0	7; 8; 7; 8; 8	7,6
1,0;	12, 13, 12, 13, 10	12,0
2,5;	13, 14, 13, 15, 14	13,8
5,0	16, 16, 15, 17, 17	16,2
6,0	16, 17, 17, 16, 16	16,4

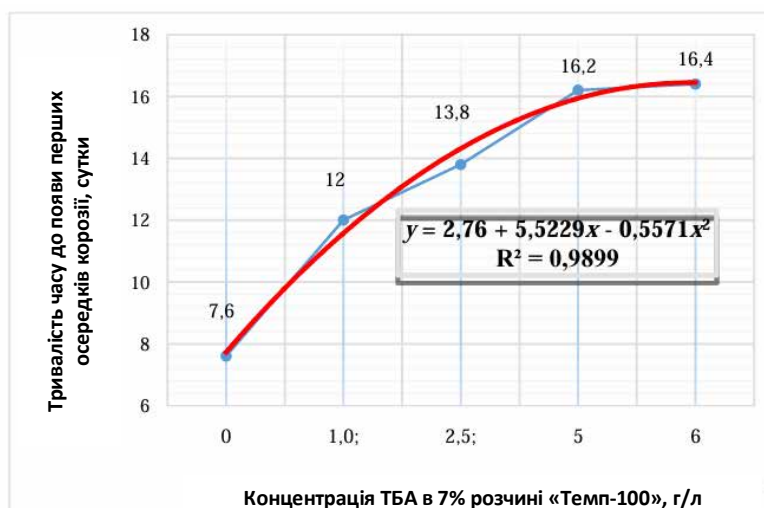


Рис. 4.7. Вплив концентрації ТБА на протикорозійні властивості 7% розчину «Темп-100»

Дані таблиці 4.6. та рис. 4.7. підтверджують, що кращі протикорозійні властивості 7% розчину «Темп-100» виявляються в присутності в розчині ТБА концентрацією 5,0 г/л. Отже, така концентрація ТБА в 7% розчині «Темп-100» є раціональною.

4.4. Дослідження впливу концентрацій компонентів у миючому розчині на ступінь очищення

Дослідження впливу співвідношення «Темп-100» та добавки ТБА у розчині на ступінь очищення зразків проведено за методикою, та у послідовності, описаній у п. 3.4 (таблиці 4.7.-4.9.).

Таблиця 4.7.

Матриця планування експерименту плану $N = 2^2$

Найменування	Значення змінних, %	
	x_1	x_2
Основний рівень O_{x_i}	7	0,5
Інтервал варіювання λ_i	1	0,15
Верхній рівень $O_{x_i+\lambda_i}$	8	0,65
Нижній рівень $O_{x_i-\lambda_i}$	6	0,35

1. Досліджувані концентрації:

x_1 - Концентрація «Темп-100», %;

x_2 - Концентрація тетраборату амонію $((\text{NH}_4)_2\text{B}_4\text{O}_7)$, ТБА, г/л.

Таблиця 4.8.

Результати експериментів

№№ варіантів	№№ зразків	Маса, г					Ступінь очищення	
		до експерименту			після експерименту			
		Зразків без забруднення, M0	Зразків із забруднення, M1	забруднення, M1-M0	Зразків із забруднення, M2	решта забруднення, M2 – M0	за зразками	Середня по варіантам
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	43,36835	46,41585	3,0475	43,5573	0,1889	93,8	93,2
	2	43,27905	47,26465	3,9856	43,55804	0,279	93,0	
	3	43,45135	47,46480	4,0135	43,74032	0,289	92,8	
2	4	43,32075	47,34510	4,0244	43,59441	0,2737	93,2	93,8
	5	43,98960	48,20695	4,2174	44,24686	0,2573	93,9	
	6	42,22625	46,23640	4,0102	42,45483	0,2286	94,3	
3	7	43,26775	47,25045	3,9827	43,4868	0,219	94,5	94,3
	8	42,98950	46,76500	3,7755	43,23113	0,2416	93,6	
	9	43,35065	46,14440	2,7938	43,49593	0,1453	94,8	
4	10	42,30570	45,39945	3,0938	42,51608	0,2104	93,2	93,9
	11	42,97750	46,07865	3,1012	43,16047	0,183	94,1	
	12	43,97870	47,92075	3,942	44,19945	0,2208	94,4	

Таблиця 4.9.

План, результати експериментів та розрахунок

№ варіанта	План			Розрахунок $x_1 x_2$	Вихід			Середнє значення виходу за варіантом, $\bar{y}$	Дисперсія, S_j^2
	x_0	x_1	x_2		y_1	y_2	y_3		
1	+1	-1	-1	+1	93,8	93,0	92,8	93,2	0,28
2	+1	+1	-1	-1	93,2	93,9	94,3	93,8	0,31
3	+1	-1	+1	-1	94,5	93,6	94,8	94,3	0,39
4	+1	+1	+1	+1	93,2	94,1	94,4	93,9	0,39
$\sum_{j=1}^n S_j^2 = 1,37$									

Коефіцієнти рівняння регресії:

$$b_0 = \frac{1}{4} \cdot (93,2 + 93,8 + 94,3 + 93,9) = 93,8;$$

$$b_1 = \frac{1}{4} \cdot (-93,2 + 93,8 - 94,3 + 93,9) = 0,5;$$

$$b_2 = \frac{1}{4} \cdot (-93,2 - 93,8 + 94,3 + 93,9) = 0,3;$$

$$b_{12} = \frac{1}{4} \cdot (93,2 - 93,8 - 94,3 + 93,9) = 0,25;$$

$$y = 93,8 + 0,05x_1 + 0,3x_2 + 0,25x_1x_2.$$

За методикою провели статистичний аналіз отриманого рівняння, визначили значущість коефіцієнтів та отримали наступний його остаточний вигляд:

$$y = 93,8 + 0,05x_1 + 0,3x_2 + 0,25x_1x_2.$$

Для забезпечення необхідного ступеня очищення деталей, використовуючи отримане рівняння, можна обґрунтовано вибирати концентрації «Темп-100» та ТБА у миючому розчині.

РОЗДІЛ 5 ВИРОБНИЧІ ВИПРОБУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО СКЛАДУ І РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ

5.1. Організація експлуатації тракторів після ремонту двигунів

Технологічний процес ремонту агрегатів машин на підприємствах представлений на рис. 1.10. Важливою ланкою під час ремонту машин є очищення від забруднень і миття деталей, т.к. від цього залежить якість їх дефектування, отже, якість ремонту та ресурс відремонтованих машин.

Миття деталей здійснювали в мийній машині АМ1400 АК (рис. 5.1.) із застосуванням 7%-го розчину «Темп-100» з добавкою та без добавки ТБА. Базовим варіантом при порівняльних випробуваннях прийнято 7% розчин «Темп-100» без добавки ТБА.



Рис. 5.1. Мийна машина для миття деталей АМ1400 АК

У мийній машині АМ1400 А К деталі розібраних вузлів і агрегатів укладаються на стіл, що обертається у вигляді кошика і обмиваються струменями розчину від форсунок. АМ1400 А К дозволяє розігрівати миючий розчин до 100°С.

Процес струминного миття докладно розглянутий у розділі 1.

Для виробничої перевірки розробленого складу на облік приймалися трактори ЮМЗ-6Л, ЮМЗ-6М, ЮМЗ-8040.2, ЮМЗ-6АКЛ та ЮМЗ-10264Н (обґрунтування вибору марки трактора наведено в підрозділі 5.2.), у яких вперше

за час експлуатації необхідно ремонтувати двигун. У процесі ремонту деталі розібраного двигуна мили в одному з розчинів, наведених нижче в таблиці 5.3.

Власники тракторів зобов'язувалися дотримуватись правил експлуатації трактора після ремонту двигуна і перед наступним ремонтом двигуна передавати його напрацювання в мото-годинах.

Мото-година трактора - величина, яка визначається однаково для будь-яких двигунів зі стаціонарною установкою. Одна мото-година відповідає годині функціонування двигуна за дотримання номінального числа обертів колінчастого валу. Відповідно, одиниця виміру дає можливість визначити тривалість роботи двигуна, а також його ресурс.

Напрацювання в мото-годинах враховують при оцінці часу виконання планового ТО, ремонту, заміни окремих деталей, а також при обліку палива, витраченого двигуном протягом певного періоду. Лічильник мото- годинника трактора використовується для врахування терміну функціонування трактора з моменту запуску аж до повної зупинки. Пристрій запускається в момент запуску двигуна та припиняє відлік, коли двигун заглушений. Врахування показників лічильника – обов'язкова умова точного визначення актуального ресурсу тракторної техніки, своєчасного проведення ТО та ремонтних робіт.

ЮМЗ-10264Н (рис. 5.2.) вважається універсально-просапним видом техніки, яка широко використовується в різних галузях господарства: дорожній, с/г, комунальній, будівництві. Тяговий клас дорівнює 1,4. При належному оснащенні причіпним обладнанням ці машини можуть виконувати роботи з завантаження і завантаження. За рахунок покращеної прохідності та високих тягових та зчіпних властивостей дана техніка є універсальною у використанні.



Рис. 5.2. Трактор ЮМЗ-10264Н

Спочатку сільськогосподарська модель ЮМЗ-10264Н незабаром набула популярності і в інших сферах діяльності. Завод випустив лісопромислову версію, машину на гусеничному ході для ґрунтів, що слабо несуть, і умов важкої прохідності, а також модифікації з бульдозерним обладнанням. ЮМЗ-10264Н успішно застосовується в комунальному господарстві та будівництві. Трактор може бути використаний для транспортування та буксирування. Достатня потужність, висока продуктивність та невибагливість в обслуговуванні зробили ЮМЗ-10264Н справді універсальним. Техніка випускається досі з невеликими доповненнями та доробками.

Після певного досвіду експлуатації трактора ПМЗ у різних регіонах України було розроблено кілька модифікацій.

Габарити складають 4010 1940 2780 мм, при цьому кліренс дорівнює 46 см, а загальна вага агрегату - 4200 кг. Ширина передньої колії регулюється і може змінюватись від 1418 до 1828 мм. Колеса на задній осі можуть зрушуватися з 1518 см до 2008 мм. Модель оснащена досить ємнісним баком на 130 л, який дозволяє тривалий час обходитися без дозаправки. На це суттєво впливає витрата палива, що становить близько 2 л/год.

З метою забезпечення безперебійної та безаварійної роботи, а також для

збільшення терміну експлуатації та економічності трактору необхідно проводити планове та регулярне технічне обслуговування. Для цього передбачено 3-х етапне ТО:

- після 60 робочих годин;
- після 240 робочих годин;
- після 960 робочих годин.

Крім цього, передбачено сезонне обслуговування та спеціальний сервіс для машин, що експлуатуються у складних кліматичних зонах або особливих умовах (пустеля, гірська місцевість тощо).

На тракторах ЮМЗ-10264Н встановлюється турбодизель Deutz потужністю 101 л.с. (рисунк 5.3.). Вага двигуна – 380–435 кг.



Рис. 5.3. Двигун турбодизель Deutz

Сервісне обслуговування двигуна Deutz так само, як і самого трактора, проводиться в три етапи і в такій же періодичності.

Кількість тракторів, ухвалених на обстеження, визначали за таблицею випадкових чисел. Воно становило 10 одиниць.

Середнє напрацювання двигунів склало:

$$L_{\text{сер.}} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} = \frac{44078}{10} = 4407,8, \text{ мото-год.}, \quad (5.1.)$$

Зниження ресурсу () двигунів у середньому тракторами склало: ΔL

$$\Delta L = \frac{L_{\text{норм.}} - L_{\text{сер.}}}{L_{\text{норм}}} \cdot 100\% = \frac{6000 - 4407,8}{6000} \cdot 100\% = 26,54\%, \quad (5.2.)$$

де мото-год. – нормативний ресурс двигунів $L_{\text{норм.}} = 6000$ марки Д-243 та Deutz.

Згідно з прийнятою методикою необхідно визначити міжремонтний ресурс двигунів залежно від миття деталей при його ремонті в розчинах миючих складів. Кількість тракторів, що обстежуються, за кожним варіантом миття при нормальному законі розподілу випадкових чисел визначається за формулою:

$$N = \frac{t^2 \cdot v^2}{\varepsilon^2}, \quad (5.3.)$$

де ε - відносна помилка експериментів з розкиду ресурсу обстежених тракторів;

$t = 1,96$ – нормоване відхилення низки;

v - коефіцієнт варіації низки кількості розглянутих тракторів.

Коефіцієнт варіації визначається за виразом:

$$v = \frac{S}{\bar{x}}, \quad (5.4.)$$

де $\bar{x}$ - середньоарифметична величина результатів експериментів;

S - середньоквадратичне відхилення результатів попередніх експериментів.

Визначимо статистичні характеристики одержаного ряду:

➤ розмах ряду: (мото-год.);

$$x_{\max} - x_{\min} = 4923 - 3755 = 1168$$

Складемо таблицю ранжованого ряду міжремонтного ресурсу двигунів та обчислення дисперсії» (таблиця 5.1) за методикою.

Таблиця 5.1.

Ранжований ряд міжремонтного ресурсу двигунів

№ об'єктів дослідження	Міжремонтний ресурс x_i , мить	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
10	3755	-652,8	426147,84
3	4156	-251,8	63403,24

9	4254	-153,8	23654,44
6	4338	-69,8	4872,04
4	4345	-62,8	3943,84
1	4427	19,2	368,64
8	4429	21,2	449,44
7	4680	272,2	74092,84
5	4771	363,2	131914,24
2	4923	515,2	265431,04
Сума	44078	0	994277,6

Маємо:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 44078 \text{ мото-годин;}$$

➤ Середнє значення ряду:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{10} 44078 = 4407,8;$$

➤ Дисперсія:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{994277,6}{10 - 1} = 110475,23;$$

➤ Середньоквадратичне (стандартне) відхилення:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{110475,23} = 332,38;$$

➤ Коефіцієнт варіації:

$$v = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{332,38}{4407,8} = 0,075 = (7,5%);$$

➤ Помилка середньої:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{332,38}{\sqrt{10}} = 105,18;$$

➤ Відносна помилка середньої:

$$S_{\bar{x},\%} = \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{105,18}{4407,8} \cdot 100\% = 2,38\%;$$

Оскільки коефіцієнт варіації менший за 0,33 (33%), то розподіл випадкових чисел підпорядковується нормальному закону.

Відносна мінливість міжремонтного ресурсу двигунів становить:

$$\varepsilon = \frac{4923-3755}{4923} \cdot 100\% = 23,7\%.$$

Великий розкид міжремонтного ресурсу двигунів можна пояснити тим, що в дослідженнях нами не враховувалися умови зберігання тракторів та рівень кваліфікації трактористів. У зв'язку з цим цей показник приймаємо за даними передових підприємств, тобто 5%. Тоді на обстеження можна приймати:

$$N = \frac{t^2 \cdot v^2}{\varepsilon^2} = \frac{1,96^2 \cdot 0,075^2}{0,05^2} = 8,64 \approx 9 \text{ тракторів.}$$

На обстеження за кожним варіантом досліджень приймаємо трактори $N = 10$.

5.2. Вибір об'єкта для виробничих випробувань

Під час вибору об'єкта для виробничих випробувань ми вивчили парк техніки АПК Київської області. Станом на 1 січня 2026 р. органами Держтехнагляду в АПК зареєстровано 387 тис. тракторів, 131,2 тис. зернозбиральних та 14,7 кормозбиральних комбайнів. Порівняно із даними на 1 січня 2018 р. тракторів зареєстровано на 2,8 тис. од. менше, кормозбиральних комбайнів – на 108, а зернозбиральних – на 1067 більше.

Деякі дані щодо парку техніки в АПК (станом на січень 2018 року):

1. Віковий склад техніки (рис. 5.4.):
 - згори 10 років – 68,6%;
 - 5-10 років – 17,2%;
 - до 5 років – 14,2%, зокрема до 1 року – 2,3%; до 2 років – 2,8%; до 3 років – 2,5%; до 4 років – 3,3%; до 5 років – 3,3%;
2. Середній вік тракторів в АПК – 19,95;
3. Частка імпортої техніки – 68,8%;
4. Вартість трактора МТЗ-82:
 - в 2010 р - 695,0 тис. грн.;
 - у 2018 р. - 1320,8 тис. грн. (Подорожчало в 1,9 рази).

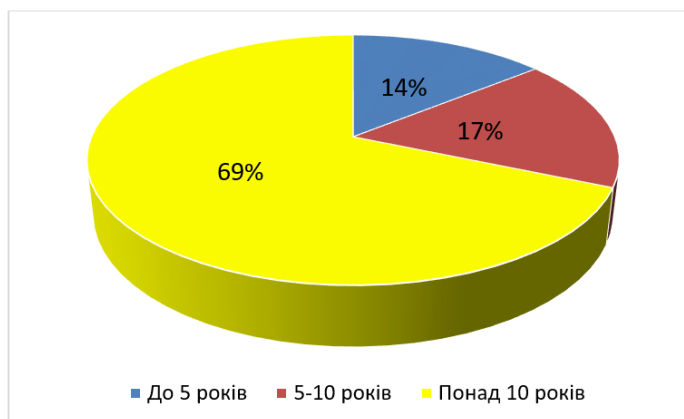


Рис. 5.4. Віковий склад парку техніки в АПК на січень 2026 року

Сільське господарство відрізняється відносно великими розмірами площ – у 2017 році вся посівна площа становила 911,3 тис. га (це 5,8% від усіх посівних площ, 7 місце серед суб'єктів). У 2017 році у структурі сільського господарства Київської області переважала галузь рослинництва, частка продукції якої становила 59,0%, частка продукції тваринництва – 41,0%.

Основні галузі сільського господарства Київської області: молочне тваринництво, свинарство, птахівництво, виробництво зерна, цукрових буряків, олійних культур та кормовиробництво.

Станом на 1 січня 2026 року парк основної сільськогосподарської техніки області налічує 4782 трактори, 1428 зернозбиральних комбайнів, 287 кормозбиральних комбайнів.

Парк тракторів за останні три роки залишається на рівні, відмічені незначні коливання у той чи інший бік. З зернозбиральних комбайнів намітилося зростання у бік збільшення. Так за 3 роки збільшення становило 64 комбайни. По кормозбиральних комбайнах йде зниження.

Зменшення за три роки становило 43 комбайни. Це тим, що господарства звільняються від малопотужної і малоефективної старої техніки.

Аналіз наявності машин за термінами експлуатації показує, що у сільгосп підприємствах значну кількість техніки (від 36 до 62%) експлуатується з терміном експлуатації понад 10 років.

Енергетичні потужності тракторів, комбайнів у розрахунку на 100 га посівної площі сільськогосподарських організацій Київської області складає –

151 л.с., Регіони – 168,6 л.с., по Україні – 148,5 л. с.

З аналізу парку тракторів видно, що на сьогоднішній день є лідером трактора класу 1,4. У зв'язку з цим для підконтрольної експлуатації приймаємо колісні трактори класу 1,4 марки ЮМЗ-6АКЛ та ЮМЗ-10264Н.

Відмови тракторів за даними моніторингу якості в умовах реальної експлуатації, проведеного у 2013-2022:

- ДВЗ – 35,1%;
- гідросистема – 18,4%;
- трансмісія – 12,4% тощо.

З аналізу даних видно, що основна частка від загальної кількості відмов тракторів посідає відмови, пов'язані з двигунами. На основі вищевикладеного для підконтрольної експлуатації приймаємо трактори ЮМЗ-10264Н із двигунами марки Д-243 та Deutz.

5.3. Результати експлуатації тракторів із відремонтованими двигунами

Досліджували дві групи тракторів відповідно до складів для миття деталей їх двигунів (таблиця 5.3.).

Таблиця 5. 3.

Варіанти досліджень	
№ варіантів	Мийні склади
1	7% розчин «Темп-100»
2	7% розчин «Темп-100» з добавкою ТБА концентрацією 5 г/л

У процесі досліджень визначали міжремонтний ресурс двигунів за групами тракторів відповідно до складів 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 таблиці показують, що при миття деталей в 7% розчині «Темп-100» з добавкою ТБА в кількості 5 г/л отримані результати, набагато перевершують результати миття в 7% розчині «Темп-100» без добавки ТБА.

Разом з покращенням якості миття деталей присутність ТБА у складі 7%-го розчину «Темп-100» підвищує і протикорозійну стійкість деталей, що сприяє збільшенню міжремонтного ресурсу двигунів. У таблиці 5.4. наведено порівняльні результати виробничих випробувань 7%-го розчину «Темп-100» та 7%-го розчину «Темп-100» у суміші з ТБА концентрацією 5 г/л.

Таблиця 5.4.

Зведена таблиця результатів виробничих випробувань

№ п/п	Миючий склад	Середній ресурс відремонтованих двигунів, х, мото-год.	Стандарт не відхиленн я, S	Коефіцієнт варіації, ϑ
1	7% розчин «Темп-100»	4181	456,6	0,11 (11%)
2	7% розчин «Темп-100» у суміші з ТБА концентрацією 5 г/л	4970,5	281,5	0,056 (5,6%)

Для порівняльного аналізу результатів миття деталей у розчинах двох досліджуваних складів як базовий прийнятий 7% розчин «Темп-100».

Дані таблиці 5.4. дозволяють зробити висновок, що 7% розчин «Темп-100» з добавкою ТБА в кількості 5г/л може бути рекомендований для миття деталей агрегатів машин у ремонтному виробництві на підприємствах АПК.

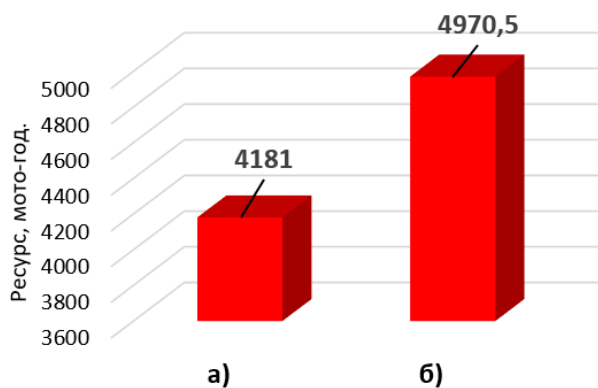
5.4. Економічний ефект від впровадження результатів дослідження

Розрахунок економічного ефекту від застосування тетраборату амонію у складі 7%-го розчину «Темп-100» проведено за методикою.

Вихідні дані:

- 7%-й розчин "Темп-100" - база порівняння;
- 7% розчин «Темп-100» у суміші з ТБА концентрацією 5 г/л;

Розрахунки виконані на міжремонтний ресурс тракторів з двох варіантів (рис. 5.5.).



Малюнок 5.5. Міжремонтний ресурс двигунів, деталі яких вимиті в 7% розчинах: а) «Темп-100» (4181 мото-год.); б) «Темп-100» у суміші з ТБА концентрацією 5 г/л (4970,5 мото-год.)

Миття деталей у 7%-му розчині «Темп-100» у суміші з ТБА концентрацією 5 г/л сприяє збільшенню міжремонтного ресурсу двигунів у порівнянні з миттям у 7%-му розчині «Темп-100» (рисунок 5.5) на 789,5 мото-год. (На 19%).

Економічний ефект (грн.) від застосування ТБА концентрацією 5 г/л у складі 7%-го розчину «Темп-100» по відношенню до 7%-му розчину «Темп-100» без ТБА визначається як добуток різниці питомих витрат при миття деталей без добавки (грн./мото-год.) і з добавкою (ТМ/год.). (мото-год.) двигунів, деталі яких вимиті у присутності ТБА у розчині.

$$C_{\text{заг.}}^{\text{Темп-100}} C_{\text{заг.}}^{\text{Темп-100+ТБА}} L_{\text{нарп.ТБА}}$$

$$E_{\text{ТБА}} = (C_{\text{заг.}}^{\text{Темп-100}} - C_{\text{заг.}}^{\text{Темп-100+ТБА}}) \cdot L_{\text{нарп.ТБА}}, \quad (5.4.)$$

Загальні питомі витрати визначаються як сума питомих витрат на разову мийку та питомих витрат на ремонт двигуна.

Витрати на миття деталей визначаємо як суму витрат на заробітну плату, на електроенергію, на придбання миючих засобів, на амортизацію обладнання та накладних витрат.

$$C_{з.п.} C_{ел.} C_{Темп-100} C_{амор.} C_{н.вит.}$$

$$C = C_{з.п.} + C_{ел.} + C_{Темп-100} + C_{амор.} + C_{н.вит.}, \quad (5.5.)$$

Витрати на заробітну плату:

$$C_{з.п.} = C_1 \cdot t_m \cdot K \cdot N, \quad (5.6.)$$

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 визначається як:

$$C_1 = \frac{MPOТ}{149} = \frac{11280}{149} = 75,70 \text{ грн.}$$

Тарифний коефіцієнт працівника 2-го розряду зі шкідливими умовами праці. $K = 1$

Таблиця 5.5.

Тривалість миття деталей у мийній машині АМ1400 АК

№ п/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	Завантажити деталі на мийний стіл камери	4-6
4	Миття деталей	5
5	Витримка після миття партії деталей	5-10
6	Вилучення вимитих деталей з камери мийної установки	5-10
Разом		32-51

Заробітна плата за миття однієї партії деталей:

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

Приймаємо: страхові відрахування на зарплатню 30%; преміальні 20%. З огляду на це:

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

Для приготування 370 л 7% розчину потрібно «Темп-100» на суму:

$$C_{\text{Темп-100}} = 370 \cdot \frac{70}{1000} \cdot 36,00 = 932,40 \text{ грн.}$$

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 складе:

$$C_{\text{Темп-100}}^1 = \frac{932,40}{3 \cdot 5} = 62,16 \text{ грн.}$$

Вартість витрати електроенергії:

$$C_{\text{ел.}} = C_{\text{ел.роз.}} \cdot K \cdot \text{Ц}_{\text{кВт}\cdot\text{год.}}, \quad (5.8.)$$

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

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

$\text{Ц}_{\text{кВт}\cdot\text{год.}} = 6,00$ - Ціна 1 кВт·год електроенергії для сільгосп підприємств, грн. / кВт · год.

$$C_e^1 = \left(\frac{1}{3} \cdot E_{\text{ел.під.}} \cdot K + E_{\text{нас.}} \right) \text{Ц}_{\text{кВт}\cdot\text{год.}}, \quad (5.9.)$$

$$E_{\text{нас.}} = N_{\text{нас.}} \cdot t, \quad (5.10.)$$

де кВт - Витрата електроенергії на підігрів розчину до температури 85-90°C,

$$E_{\text{ел.під.}} = 2 \cdot 3 \cdot 3,15 = 18,9 \text{ кВт};$$

$E_{\text{нас.}} = 2 \cdot 2 \cdot 2,2 = 8,8 \text{ кВт}$ - витрата електроенергії електродвигуном насоса,;

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

$t = 5 \text{ хв}$ – тривалість миття деталей, год.

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

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

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

Накладні витрати становлять 15% від заробітної плати:

$$C_{\text{н.вит.}} = 0,15 \cdot C_{\text{з.п.}} = 0,15 \cdot 96,83$$

ВИСНОВОК

1. Поліпшено миючі та протикорозійні властивості синтетичного миючого засобу «Темп-100» шляхом введення в його розчин добавки тетраборату амонію.

2. Доведено, що залежності ступеня очищення зразків від концентрацій та «Темп-100» та ТБА описуються рівнянням поліноміальної залежності 2-го ступеня. Експериментально обґрунтовано галузі раціональних значень концентрацій «Темп-100» – 7% та добавки ТБА – 5 г/л у розчині для миття деталей машин при їх ремонті. У такому розчині ступінь очищення деталей досягає значення 9578%, а без добавки ТБА – 8335%.

3. У виробничих умовах доведено, що використання ТБА концентрацією 5 г/л в 7%-му розчині «Темп-100» підвищує протикорозійну стійкість вимитих деталей до 16,2 діб проти 7,6 діб після миття 7%-му розчині «Темп-100» без ТБА (підвищення протикорозійної стійк додаткову консерваційну обробку деталей у міжопераційний період зберігання).

4. Виробнича перевірка отриманих результатів проводилася в ТОВ «Світанок» Київської області тракторами які вперше надходять на ремонт двигуна. Миття деталей двигуна після його розбирання виконували або в 7%-му розчині «Темп-100», або в 7%-му розчині «Темп-100» з добавкою ТБА концентрацією 5 г/л. Міжремонтний ресурс двигуна при миття деталей у 7%-му розчині «Темп-100» з добавкою ТБА концентрацією 5 г/л (4970,5 мото-год.) у порівнянні з миттям у 7%-му розчині «Темп-100» (4181 мото-год.) підвищується на 19%.

5. Розрахункова величина економічного ефекту від використання розробленого складу порівняно з 7% розчином «Темп-100» становить 4925,77 грн. на один відремонтований двигун.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Демко О. А. Вплив кваліфікації операторів на ефективність використання машин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2009. Вип. 134, Ч.2. С. 159–169.
2. Васильєва Н. К. Економіко-математичне моделювання системного інноваційного оновлення аграрного виробництва : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра екон. наук : 08.00.11 Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці. Київ. 2007. 36 с.
3. Войтюк В. Д. Техніко-технологічний розвиток системи сервісу енергонасиченої сільськогосподарської техніки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Мелітополь, 2012. 39 с.
4. Stepanenko, S., Kuzmych, A., Borys, A., Dnes, V., Kharchenko, S., Rogovskii, I., Golub, G., Berezovyi, M., Lutsiuk, A. (2025). Substantiating the YOLO11 architecture for determining the fractional composition of winter wheat grain mixtures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (2 (136)), 81–92. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.338124> Q3.
5. Golub, G., Tsyvenkova, N., Rogovskii, I., Chuba, V., Nadykto, V., Omarov, I., Yarosh, Y., Chuba, I. (2025). Determining the influence of design features in agrivoltaics systems on tracking efficiency. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (8 (135)), 14–22. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.329837>
6. Mushtruk Mikhaïlo, Rogovskii Ivan, Illiashenko Ivan, Melnik Viktoria, Melnik Valentina. Technological solutions for increasing the resource of crushers. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2025. Springer, Cham. DSMIE 2025, LNME, P. 47-59. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95218-0_5 Scopus.
7. Tarellyk V.B., Haponova O.P., Tarellyk N.V., Rogovskii I.L. Improvement of surface layer quality parameters of steel parts after nitrocarburizing by electrospark alloying method. Part 1. Features of the structural state and topography of steel surfaces after nitrocarburizing. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2025. Volume 2025, Issue 2, pp. 131-137. <https://doi.org/10.46813/2025-156-131>. Q4.
8. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakivskyu, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025).

Engineering and security management of technological transformation trends of agrotronics. *Studies in Big Data*. Springer. volume 164. pp 289–298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Q3.

9. Yablonskyi P., Rogovskii I., Virchenko G., Borek K., Volokha M., Golova O. Geometric modeling of disc furrow profile. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*, (2025). Vol. 12(1), pp. E1–E9. [https://doi.org/10.21272/jes.2025.12\(1\).e1](https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1). Scopus. WoS. Q4.

10. Волк М. О. Методи та засоби розподіленого імітаційного моделювання електронних систем: дис... канд. техн. наук 01.05.02 Математичне моделювання та обчислювальні методи. Харківський державний технічний університет радіоелектроніки. Харків, 1999. 189 с.

11. Волох О. П. Методика обґрунтування раціональних значень параметрів технічного обслуговування машин інженерного озброєння при їх використанні за призначенням: Дис... канд. техн. наук: 20.02.14 Озброєння і військова техніка. Військовий інженерний інститут Подільського державного аграрно–технічного університету. Кам'янець-Подільський, 2006. 175 с.

12. Грабко В. В. Методи і пристрої для технічної діагностики та автоматичного керування силовим електрообладнанням: дис... д-р техн. наук: 05.13.05 Елементи та пристрої обчислювальної техніки та систем керування. Вінницький національний технічний університет. Вінниця, 2004. 384 с.

13. Кузьмінський Р. Д. Системно-функціональні засади синтезу технологічних ліній і ділень ремонту вузлів та агрегатів мобільної техніки рільництва : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Глеваха, 2013. 40 с.

14. Кухтов В. Г. Методи оцінки довговічності конструкцій шасі колісних тракторів: Дис... д-р техн. наук: 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Харків, 2006. 329 с.

15. Ларін О. М. Теоретичні основи оцінки працездатності шин легкового автомобіля в експлуатації: Дис... д-р техн. наук: 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Академія пожежної безпеки України. Львів, 2001. 344 с.

16. Лобода А. В. Розробка організаційної структури забезпечення якості в автосервісі: Дис... канд. техн. наук: 05.13.22. Національний транспортний ун-т. Київ. 2004. 162 с.
17. Ложковський А. Г. Аналіз і синтез систем розподілу інформації в умовах мультисервісного трафіка : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.12.02. Одес. нац. акад. зв'язку імені О.С. Попова. Одеса. 2010. 36 с.
18. Луханін М. І. Моделювання залізничних транспортних коридорів на базі поширених мереж Петрі: Дис... канд. техн. наук: 05.22.20. Українська держ. академія залізничного транспорту. Харків. 2003. 163 с.
19. Мамонова Г. В. Багатоканальні системи обслуговування у схемі усереднення та дифузійної апроксимації : автореф. дис... канд. фіз.-мат. наук: 01.05.04. Київ. нац. ун-т імені Тараса Шевченка. Київ. 2007. 18 с.
20. Мартиненко В. Я. Механіко-технологічні основи підвищення ефективності робочих органів гичкозбиральних машин: Дис... д-ра техн. наук: 05.05.11. ВАТ "Тернопільський комбайновий завод". Тернопіль. 2000. 374 с.
21. Мартинишин Я. М. Організація ремонтно-технічного обслуговування в аграрних підприємствах України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра екон. наук : 08.00.04 Економіка та управління підприємствами. Миколаїв, 2009. 37 с.
22. Мигаль В. Д. Вібраційні методи оцінки якості тракторів на стадіях проектування, виготовлення та експлуатації: Дис... д-р техн. наук: 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Харків, 2003. 513 с.
23. Молодик М. В. Основні напрями досліджень з підвищення надійності сільськогосподарської техніки при експлуатації, відновленні і ремонті. Вісник аграрної науки. 2010. № 5. С. 110–113.
24. Молодик М. В. Оцінювання надійності машин при експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха, 2008. Вип. 92. С. 381–389.
25. Молодик М. В. Теоретичні передумови оцінки впливу технічного обслуговування і ремонту на надійність машин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. КИЇВ. 2010. Вип. 144, ч. 1. С. 75–80.

26. Молодик М. В. Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин у сільському господарстві: монографія. Кіровоград: Код, 2009. 180 с.
27. Молодик М. В. Оцінка надійності електрообладнання зернозбиральних комбайнів. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха, 2010. Вип. 94. С. 419–425.
28. Морозов В. І. Вивчення якості роботи кормозбиральних машин. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: Економічні науки. Харків: ХНТУСГ, 2017. Вип. 65. С. 166–171.
29. Норкін В. І. Стохастичні методи розв'язання задач неопуклого стохастичного програмування та їх застосування: Дис... докт. фіз.-мат. наук 01.05.01 Теоретичні основи інформатики та кібернетики. Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова. Київ. 1998. 250 с.
30. Парацій В. А. Стохастичне прогнозування довговічності металоконструкцій причіпних обприскувачів: Дис... канд. техн. наук: 05.05.11. Тернопільський держ. технічний ун-т ім. Івана Пулюя. Тернопіль. 2000. 122 с.
31. Пастушенко С. І. Розвиток наукових основ розробки сільськогосподарської техніки підвищеної енергоефективності : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Київ. 2004. 32 с.
32. Підгурський М. І. Методи прогнозування ресурсу несучих і функціональних систем бурякозбиральних комбайнів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2007. 36 с.
33. Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження Державної цільової програми реалізації політики в агропромисловому комплексі на період до 2020 року" №785 від 30.05.2007р.
34. Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2007 року № 1158 «Про затвердження Державної цільової програми розвитку українського села на період до 2015 року».
35. Пустовіт С. В. Підвищення ефективності роботи зернозбирального комбайна : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.05.11

Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. С. В. Пустовіт. Вінниця, 2013. 19 с.

36. Пустовойтенко С. В. Забезпечення якості послуг в автосервісі на основі оптимізації виробничих процесів: Дис... канд. техн. наук: 05.13.22. Національний транспортний ун-т. Київ. 2002. 178 с.

37. Рибак Т. Прогнозування ресурсу роботи мобільних сільськогосподарських машин. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке, 2004. Вип. 7. С. 149-161.

38. Розора І. В. Моделювання випадкових процесів та полів із даною точністю та надійністю: Дис... канд. фіз.-мат. наук 01.01.05 теорія ймовірностей і математична статистика. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ. 2005. 126 с.

39. Савченко В. Б. Забезпечення надійності сільськогосподарських машин і технологічних комплексів: дис. ... канд. техн. наук. 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Харківський державний технічний університет сільського господарства. Харків. 2001. 156 с.

40. Ткаліч О. П. Методика визначення оптимального періоду проведення технічного обслуговування повітряних суден вітчизняного виробництва. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Національний авіаційний університет. Київ, 2007. 130 с.

41. Яцковський В. І. Удосконалення віброакустичного методу діагностування паливної апаратури автотракторних дизелів: Дис... канд. техн. наук 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Вінницький державний аграрний університет. Вінниця, 2006. 160 с.

42. Роговський І. Л. Обґрунтування періодичності профілактичних регулювань або заміन деталей при технічному обслуговуванні сільськогосподарських машин. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків. 2003. Вип. 20. С. 346–352.

43. Роговський І. Л. Обґрунтування періодичності проведення профілактичних заходів технічного обслуговування сільськогосподарських

машин. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків. 2003. Вип. 21. С. 366–373.

44. Роговський І. Л. Аналітичні дослідження обґрунтування періодичності технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кіровоград. 2003. Вип. 33. С. 209–215.

45. Роговський І. Л. Удосконалення технології технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь. 2003. Вип. 16. С. 123–127.

46. Роговський І. Л. Аналіз форм процесу технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Механізація виробничих процесів рибного господарства, промислових і аграрних підприємств. Керч. 2004. Вип. 5. С. 278–285.

47. Роговський І. Л. Фактична періодичність проведення технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків. 2004. Вип. 23. С. 338–342.

48. Роговський І. Л. Методичне обґрунтування періодичності технічного обслуговування сільськогосподарських машин. Вісник Львівського державного аграрного університету. Серія: агроінженерні дослідження. Дубляни. 2004. Вип. 8. С. 149–157.

49. Роговський І. Л. Показники технічного стану зернозбиральних комбайнів і послідовність їх визначення при технічному обслуговуванні. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ. 2004. Вип. 73. С. 192–197.

50. Роговський І. Л. Аналітичне визначення факторів впливу на коефіцієнт готовності сільськогосподарських машин в системі їх технічного обслуговування. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кіровоград. Вип. 35. С. 224–228.