

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.08 – ДП.2401 «С» 2023.12.29.05 ПЗ

Волощук Богдан Васильович

2024

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.08 – ДП.2401 «С» 2023.12.29.05 ПЗ

Волощук Богдан Васильович

2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

УДК 629.113

ПОГОДЖЕНО
Декан
факультету конструювання і дизайну
(назва факультету (ННІ))

Ружило З.В.
(підпис) (ПІБ)
“ ” _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів
(назва кафедри)

Калінін Є.І.
(підпис) (ПІБ)
“ ” _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Підвищення ефективності технологічного процесу мийки при ремонті
автомобілів в сільському господарстві»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(код і назва)
Освітня програма Технічний сервіс машин і обладнання сільськогосподарського виробництва
(назва)
Орієнтація освітньої програми _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) Новицький А.В.
(ПІБ)

Керівник дипломного проєкту бакалавра

д.т.н., професор
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) Калінін Є.І.
(ПІБ)

Виконав
Васильович

(підпис)

Волощук Богдан
(ПІБ)

КИЇВ – 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
тракторів і автомобілів

д.т.н., проф. _____ **Калінін Є.І.**
(наук. ступ., вч. звання) (підпис) (ПБ)
« _____ » _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

**на виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту
Волощуку Богдану Васильовичу**

Спеціальність _____ 133 «Галузеве машинобудування»
(прізвище, ім'я, по батькові)
(код і назва)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи на тему «Вдосконалення технологічного процесу мийки деталей при ремонті техніки у сільському господарстві»
затверджена наказом ректора НУБіП України від «29» грудня 2023р. №2401 «С»

Термін подання завершеної роботи (проєкту) на кафедру: _____ 01.10.2024
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: загальні дані по принципам і методам технічного обслуговування і ремонту автомобілів з мийкою агрегатів

Перелік питань які потрібно розробити _____

Вступ. Стан питання, мета та задачі дослідження. Теоретичне основи мийки. Програма і методика проведення експериментальних досліджень. Висновки.

Перелік графічного матеріалу: Загальні принципи використання дизельних двигунів та методичні аспекти їх діагностування. Теоретичне дослідження процесу змиття бруду з поверхні. Експериментальні дослідження. Результати експериментальних досліджень. Висновки.

Дата видачі завдання «09» січня 2024 р.

Керівник дипломного проєкту бакалавра _____
(підпис)

Калінін Є.І.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

Волощук Б.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Основна частина дипломного проекту викладена на 52 сторінках пояснювальної записки і 16 слайдах презентації, має 3 таблиці та ілюстрована 24 рисунками.

Пояснювальна записка складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури.

Тема дипломного проекту: «Вдосконалення технологічного процесу мийки деталей при ремонті техніки у сільському господарстві».

Мета роботи – збільшення міжремонтного ресурсу агрегатів автомобілів у процесі ремонту.

Об'єкт дослідження – процес очищення поверхонь деталей впливом струменя миючого розчину.

Предмет дослідження – склад та властивості миючих розчинів.

У кваліфікаційній роботі визначено резерви збільшення ресурсу агрегатів автомобілів у процесі їх ремонту за рахунок удосконалення процесу миття деталей, що базується на комплексному підході до його досліджень при одночасному покращенні ступеня очищення та корозійної стійкості вимитих деталей. Підвищено ступінь очищення та корозійну стійкість вимитих деталей за рахунок додаткової активізації властивостей миючого розчину введенням до його складу пентаборату амонію.

Ключові слова: двигун, технічне обслуговування, розчин для мийки, пентаборат амонію, наробіток.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ОЧИЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТИВ МАШИН І ЙОГО АНАЛІЗ.....	6
1.1 Забруднення поверхонь деталей агрегатів під час роботи машин. Класифікація забруднень.....	6
1.2 Способи запобігання та видалення забруднень з поверхонь деталей при ремонті агрегатів	11
1.3 Миючі засоби та їх розчини	18
1.4 Миючі машини та установки	22
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ АГРЕГАТИВ МАШИН ПРИ РЕМОНТІ.....	31
2.1 Аналіз факторів, що впливають на ресурс машин.....	31
2.2 Теоретичне обґрунтування впливу вдосконалення властивостей миючого розчину на міжремонтний ресурс агрегатів машин	33
2.3 Механізм миючої дії багатокомпонентного розчину на забруднення деталей.....	34
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	38
3.1 Методика дослідження корозії зразків електрохімічним методом.....	38
3.2 Методика дослідження впливу добавки в миючий розчин на корозійно-втомну міцність зразків	40
3.3 Електрохімічні дослідження інгібіторних властивостей добавки у розчині «Темп-100».....	43
3.4 Дослідження впливу добавки на корозійно-втомну міцність сталі в розчині «Темп-100».....	45
РОЗДІЛ 4. ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	47
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ОЧИЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТИВ МАШИН І ЙОГО АНАЛІЗ

1.1 Забруднення поверхонь деталей агрегатів під час роботи машин.

Класифікація забруднень

У процесі роботи машин зовнішні поверхні агрегатів та поверхні деталей усередині агрегатів і систем покриваються різними забрудненнями. Забруднення негативно впливають на робочі характеристики вузлів машин: сприяють зниженню потужності двигуна, перевитраті палива та оливо, погіршують роботу радіаторів, фільтрів, підвищують абразивний знос частин, що труться, що призводить до порушення посадки в сполученнях. В результаті знижується ресурс агрегатів та машин загалом.

Звідси випливає, що очищення та миття агрегатів машин та їх деталей як під час експлуатації, так і під час їх ремонту є важливими і обов'язковими процесами. Очищення та миття машин та їх деталей – важливі технологічні процеси, оскільки впливають на культуру виробництва, продуктивність та якість ремонту машин. Щоб уявити об'єм робіт та масштаби витрат на цей процес, достатньо сказати, що під час експлуатації та ремонту щорічно піддають очищенню та миттю стільки машин, скільки їх випускають за 6...7 років.

Дослідженнями встановлено, що за поганого очищення поверхонь деталей сучасних машин ресурс їх знижується на 20...30%. Повне видалення всіх забруднень значною мірою покращує якість дефектації, відновлення деталей, знижує появу браку та на 6...8% підвищує продуктивність праці на розбірних та складальних операціях [11].

Забруднення зовнішніх поверхонь агрегатів обумовлено експлуатаційними умовами, навколишнім середовищем, типом машини, особливостями ґрунтів місцевості та її клімату, а поверхонь деталей усередині агрегатів та систем – умовами експлуатації, якістю паливно-

мастильних матеріалів та технічних рідин, а також робочими процесами, що протікають усередині двигуна [7].

Отже, основними факторами, що викликають забруднення поверхонь вузлів, агрегатів та деталей мобільної техніки, є: підвищена відносна вологість повітря, що сприяє появі конденсату, який, взаємодіючи з механічними та хімічними домішками атмосфери, забруднює поверхню конструкції та активізує процеси корозії; використання води, яка не відповідає за якістю вимогам системи охолодження. Недотримання зазначеної вимоги призводить до утворення накипу та шламу, забруднення внутрішніх стінок елементів системи охолодження та виникнення на них вогнищ корозії; продукти окислення, розкладання та неповного згоряння моторної оливи та палива (нагар, зольні відкладення); продукти корозії [4].

Класифікація забруднень ґрунтується на наступних ознаках:

1. Хімічний склад: органічні (мінеральні оливи, плівки клеїв, лакофарбових покриттів (ЛФП) та ін.); неорганічні (волога, пил, продукти корозії металів, залишки матеріалів, що перевозяться тощо); змішані (забруднення, що утворюються із двох зазначених вище груп).

2. Фізичний стан: тверді; рідкі; мазеподібні.

Машини, що експлуатуються у сільськогосподарському виробництві, забруднюються такими видами забруднень:

- забрудненнями від мастильних матеріалів;
- забрудненнями нежирового походження (рослинні залишки, пил, бруд), змішування олії та бруду, залишки отрутохімікатів;
- вуглецевими забрудненнями;
- технологічними забрудненнями;
- забрудненнями від залишків ЛФП;
- забрудненнями від продуктів корозії.

Забруднення від мастильних матеріалів утворюються на поверхні деталей, що працюють у механізмах зі змащенням. Для очищення деталей таких забруднень застосовують спеціальні препарати з дотриманням

певних умов очищення. У процесі роботи машин під впливом навколишнього середовища ця група забруднень окислюється та розкладається, підвищуючи адгезійно-когезійні властивості.

Забруднення нежирового походження найчастіше відкладаються на зовнішніх поверхнях агрегатів автотракторної техніки. Такі забруднення, як пил, бруд, рослинні залишки, видаляються під впливом струменя води, а залишки отрутохімікатів вимагають знезараження.

Вуглецеві забруднення утворюються в результаті термоокислення палива та мастильних матеріалів на деталях усередині двигуна і поділяються на нагари, лакові плівки, осади та асфальтосмолисті речовини в залежності від ступеня окислення. Найбільшу складність при очищенні деталей становлять саме вуглецеві забруднення.

Нагар утворюється під впливом високих температур і є сумішшю продуктів повного і часткового згоряння палива і оливи. Він осідає на стінках камер згоряння, днищах поршнів, клапанах, іскрових свічках запалювання, форсунках та випускних колекторах. Нагар порушує тепловий режим роботи двигуна, що призводить до зниження потужності, перевитрати палива, більш інтенсивного зношування поверхонь, що сполучаються [5].

Хімічний склад нагарів є сумішшю складних високомолекулярних сполук – асфальтенів, карбенів, карбоїдів, сажі, коксоподібних речовин, смол і неорганічних речовин – абразиву, продуктів зношування деталей двигуна та інших речовин. Нагар карбюраторних двигунів, що працюють на етильованому бензині, містить значну кількість з'єднань свинцю.

Зчеплюваність нагарів з металом вище міцності продуктів нагару. Цим пояснюється труднощі механічного видалення нагарів із поверхні деталей [12].

Лакові плівки утворюються під дією високої температури на масляні шари невеликої товщини. Вони, як і нагари, містять олії, смоли, асфальтени та інші органічні сполуки, що важко розчиняються в

органічних розчинниках. Найбільш інтенсивно лаки утворюються на поверхнях шатунів, колінчастих валів, розподільчих валів, внутрішніх поверхнях поршнів, стінках блоку циліндрів [12].

Осади, утворені з продуктів окислення оливи, палива, сажі,пилу, води, частинок зносу та інших, осідають у піддоні картера, масляних каналах, клапанній коробці, масляному радіаторі, масляному фільтрі, на стінках маслоприймача. Вони зменшують ступінь охолодження оливи та погіршують її очищення. Усе це зрештою призводить до збільшення зносу деталей двигуна [12].

Асфальтосмолисті речовини (асфальтени, карбени та карбоїди) утворюються під дією високих температур та кисню повітря. Вони є твердими частинками, які входять до складу осадів, надають абразивну дію на деталі і викликають їх підвищений знос [12].

Вуглецеві відкладення видаляють такими способами: обробка в органічних розчинниках та лужних складах, термічна обробка, очищення фруктовою кісточкою та металевим піском та ін. Вибираючи спосіб очищення, беруть до уваги як ступінь забруднення деталей вуглецевими відкладеннями, так й наявність забруднень інших видів [16].

Накип відкладається на поверхнях циркуляції води в системі охолодження двигунів в результаті виділення солей кальцію та магнію при нагріванні води до температури 70...80°C. Теплопровідність накипу в 30...50 разів нижче за теплопровідність металу. Тому навіть незначний шар накипу погіршує умови теплообміну та призводить до перегріву деталей двигуна.

Видаляють накип хімічними та механічними способами» [12]. Технологічні забруднення на деталях та складальних одиницях утворюються при виготовленні, ремонті, збиранні та обкатці (металева стружка, жирові та масляні оливи, залишки притиральних паст, шліфувальних кругів та ін.). Їх характер залежить від особливостей технологічних процесів, рівня культури виробництва та ін.

Технологічні забруднення також необхідно своєчасно і ретельно видаляти, оскільки вони можуть стати причиною підвищеного зносу поверхонь деталей, що труться.

Маслянисті забруднення мінерального походження класифікують за такими групами: забруднення від малов'язких олів (характерні для деталей двигуна); забруднення від трансмісійних олів; забруднення солідолами та іншими консистентними мастилами; консерваційні покриття запасних частин [11].

Залишки ЛФП («стара фарба») ускладнюють виконання зварювальних та інших ремонтних робіт, тому їх також необхідно видаляти при ремонті агрегатів машин з урахуванням їх хімічного складу, інших забруднень, а також матеріалу, маси, габаритних розмірів деталі. Пентафталеві, гліфталеві та інші синтетичні емалі видаляють змивкою АФТ-1, нітроемалі – змивкою ЦД. Для активації в стандартні змивки ЦД і АФТ-1 додають фосфорну кислоту (15 мл на 1000 мл змивки).

Такі розчинники викликають спучування старої фарби через 1,5...2 хв. Після видалення старої фарби металевими щітками з механічним приводом або пневматичним деталі ретельно промивають уайт-спіритом або розчинником.

Найчастіше очищення деталей при ремонті машин від старого фарбування поєднують з мийкою від маслянистих та неорганічних забруднень [13].

Продукти корозії утворюються внаслідок корозійного руйнування металів. Їх видаляють за допомогою спеціальних складів, дія яких заснована на хімічному розчиненні та електрохімічному травленні продуктів корозії, а також ручним (наждачним папером та щітками) або механічним (абразивними колами) способами.

1.2 Способи запобігання та видалення забруднень з поверхонь деталей при ремонті агрегатів

Питанням підвищення якості очищення та корозійної стійкості поверхонь деталей при ремонті агрегатів машин велика увага приділяється у багатьох ВНЗ.

В роботі [5] стверджується, що застосовувані в даний час технології очищення та миття далекі від раціональних, що пояснюється насамперед тим, що миючі склади та засоби, а також технологія очищення металевих та інших поверхонь розробляються у відриві від сучасних фізико-хімічних наук та часто, ігноруючи теоретичні дослідження, користуючись методом практичних порівнянь із існуючими положеннями.

В останні роки активізувалися комплексні дослідження щодо вдосконалення процесів миття та захисту від корозії деталей під час ремонту агрегатів машин.

У своїй роботі ми спробували об'єднати два напрями: провести необхідні дослідження та комплексно вирішити задачу підвищення оціночних властивостей миючого розчину. Для підвищення ступеня очищення деталей від забруднень можна вживати наступних заходів:

- попередження чи зниження утворення забруднень;
- розробка та застосування ефективних способів очищення деталей.

Попередити утворення забруднень можна такими способами:

- введенням присадок у паливо та мастильні матеріали;
- нанесенням антиадгезійних та протикорозійних покриттів;
- підвищення рівня технічної експлуатації машин.

Введення присадок зменшує корозійну активність нафтопродуктів, а також знижує утворення вуглецевих відкладень.

Нанесення відповідних покриттів виключає або значно зменшує зчеплення з поверхнею, що очищається, а також надійно захищає поверхню від корозії [14]. Усі заходи, що спрямовані на запобігання забрудненню, не виключають повністю їх утворення. У машинах, що

надходять у ремонт, практично зустрічаються забруднення всіх видів. Тому вирішальне значення набуває другий шлях – застосування ефективних засобів очищення машин у процесі ремонту.

Найбільш застосовуваними при ремонті автотракторної техніки є такі способи очищення: хімічний, фізико-хімічний, електрохімічний, ультразвуковий, термічний та механічний [11].

Очищення хімічними способами при капітальному ремонті агрегатів машин піддається найбільше деталей, і вона знаходить дедалі ширше поширення. Це пояснюється, насамперед, можливістю механізації та автоматизації виробництва, високою продуктивністю процесів та якістю очищення [15]. Допускається залишкова забрудненість деталей, що очищаються, що надходять на дефектацію і складання, залежно від шорсткості їх поверхонь:

- при Ra до 10 мкм - 1,25 мг/см²;
- при Ra від 2,6 до 0,64 мкм – 0,8 мг/см²;
- при Ra від 0,62 до 0,15 мкм – 0,24 мг/см².

Хімічними способами нині можна видаляти практично всі види забруднень. Але найчастіше вони застосовуються для очищення поверхні виробів від маслянистих забруднень, вуглецевих відкладень, накипу та старої фарби. У ремонтному виробництві хімічні методи дедалі ширше застосовуються і при знятті продуктів корозії [15].

Усі способи хімічного очищення в залежності від виду забруднень, що видаляються, поділяють на дві групи: знежирення і травлення.

Знежиренням називають процеси видалення з поверхні деталей забруднень, хімічно не пов'язаних з матеріалом виробів (маслянисті забруднення, дорожній пил та бруд, залишки шліфувальних паст, абразиву та ін.). Травлення, на відміну від знежирення, передбачає видалення забруднень, що міцно пов'язані з матеріалом виробу та утворених повністю чи частково за допомогою хімічного перетворення його поверхневих шарів (окаліну, продукти корозії, накип та ін.) [15].

Для хімічної обробки поверхонь деталей використовуються наступні реагенти: луги, лужні солі та речовини; органічні та неорганічні кислоти; органічні розчинники; мила, синтетичні поверхнево-активні речовини та склади; речовини-стабілізатори: антиспінювачі, інгібітори корозії, дезодатори.

Лужні розчини мають значну ефективність очищення деталей від маслянистих забруднень, старої фарби і вуглецевих відкладень. Відрізняються простотою рецептури, стабільністю в роботі, забезпечують хорошу якість очищення. Застосовуються як для очищення у ваннах зануренням, так і для знежирення в конвеєрних та камерних струминних мийних установках. Недоліки лужних розчинів – необхідність підігріву до 80...90°C, що викликає випаровування розчинів, труднощі видалення залишків лугу з поверхні деталей, небезпеку ураження корозією, токсичність і недостатню миючу дію [15].

Іржі та накипи видаляються з використанням неорганічних кислот. З групи органічних розчинників у виробництві знаходять застосування хлоровані, ароматичні та граничні вуглеводні.

Хлоровані вуглеводні (трихлоретилен, хлористий метилен, чотирихлористий вуглець, дихлоретан) – найбільш ефективні розчинники мінеральних олив та вуглецевих відкладень. Вони не є пожежонебезпечними, але дуже токсичні і легко окислюються під дією світла і високої температури. Ароматичні вуглеводні (бензол, ксилол) – хороші розчинники мінеральних олив та асфальтено-смолистих відкладень. Але вони пожежо- та вибухонебезпечні, а також дуже токсичні [5].

У ремонтному виробництві в якості менш токсичних розчинників частіше застосовуються граничні вуглеводні, але їх основний недолік – пожежонебезпечність, а хлоровані вуглеводні, хоча і є найкращими розчинниками, застосовуються тільки в спеціальних установках, де забезпечується безпека роботи.

Очищаючу здатність розчинників можна підвищити введенням до їх складу поверхнево-активних речовин (ПАР) [5].

Фізико-хімічний спосіб (струменевий та у ваннах) отримав найбільше застосування у ремонтному виробництві сільськогосподарських підприємств та полягає в тому, що забруднення з поверхонь деталей видаляють водними розчинами різних препаратів або спеціальними розчинниками за певних умов (режимів). Основні умови високоякісної фізико-хімічної очистки водними розчинами: висока температура миючого хімічного розчину (75...95°C), вібруючий потік або струмінь при значному тиску і ефективні миючі засоби [6].

Фізико-хімічні способи видалення забруднень із поверхні деталей дають більш високий ступінь очищення, прискорюють процес та знижують вартість очищення, зменшують пожежонебезпечність за рахунок застосування негорючих миючих складів, покращують умови праці.

Застосовують такі фізико-хімічні способи очищення деталей: ультразвукове (УЗ) очищення; електролітичне очищення; термічна очистка [6].

Метод миття УЗ заснований на передачі енергії від випромінювача ультразвуку через рідке середовище до поверхні, що очищається, що викликає явище кавітації [6]. Потужні випромінювачі впливають на рідину, створюють області змінного тиску, щільність яких змінюється із заданою генератором УЗ ванни частотою. У вузлах кавітації постійно утворюються та розриваються бульбашки пари, утворюючи ефект мікрровибуху, який у свою чергу впливає на забруднення, посилюючи ефективність миючих засобів у десятки та сотні разів. Чим нижче частота, тим більше розмір кавітаційних бульбашок і тим вони сильніші [9].

Ультразвукове очищення переважно застосовується для видалення забруднень з дрібних деталей, які мають складну конфігурацію. Мийка поверхні за допомогою УЗ є високоефективним та продуктивним способом миття. УЗ ванни ефективно відмивають внутрішні поверхні, глухі отвори

або різьбові з'єднання, а також ефективно відмивають нагари, іржу, деякі клеї, мастила для притирання (у тому числі і на графітовій основі), пасту ГОІ та інше [9].

УЗ миття застосовується для: знежирення поверхні, видалення оливних забруднень різної природи; видалення продуктів горіння; очищення фільтрів від пилу, бруду та інших механічних частинок; відмивання клею та інших липких матеріалів; відмивання від оксидів та іржі.

Миття в УЗ ваннах проводиться зануренням деталей в миючий розчин на основі ПАРів. На відміну від камер струминного очищення, УЗ ванна дозволяє застосовувати водорозчинні миючі засоби з різним рН, від кислотних до сильнолужних. Це дозволяє використовувати УЗ обладнання для видалення нагару, очищення оксидів, знежирення поверхні металу та інших матеріалів [7].

УЗ обладнання часто використовується для посилення ефекту знежирення поверхні металу [3] в інших мийних машинах. Наприклад, у мийках на розчинниках, а також струминних занурювальних мийних машинах. Воно може бути вмонтоване в лінії знежирення деталей, що вже існують, а також для організації попереднього знежирення металу в лініях гальваніки. УЗ відмивання дозволяє провести додаткове очищення деталі і довше зберегти середовище ванни електрохімічного знежирення [4].

Недоліки УЗ миття: тривале використання УЗ-мийки може пошкодити деталі, особливо якщо вони виконані з крихких матеріалів або мають декоративні покриття, вимагає спеціального обладнання та хімічних розчинів для роботи, що може призвести до додаткових витрат.

Електрохімічний спосіб використовують у електроліті на постійному або змінному струмі. Найчастіше застосовують струм із щільністю 3...10 А/дм².

При електрохімічному очищенні деталі занурюють в електроліт і включають в ланцюг постійного струму. Очищення відбувається впливом бульбашок газів, що виділяються на електроді [16].

Електрохімічне очищення може проводитися при катодному і анодному включенні деталей. Електрохімічне очищення найчастіше застосовують з метою знежирення та травлення деталей з використанням розчинів фосфорної та сірчаної кислот, а також для видалення з поверхні деталей окалини, оксидів та продуктів корозії. При цьому покращуються миючі властивості розчину, розм'якшуються забруднення, зменшуються сили адгезії між поверхнею виробів та забрудненнями. Крім того, збільшується провідність розчинів, а це викликає збільшення щільності струму, інтенсифікує процес та скорочує час знежирення [16].

При виборі режиму травлення та складу розчину орієнтуються за ступенем та видом забруднення, конфігурацією деталі.

Для видалення найбільш важковидалених вуглецевих забруднень (асфальтенів, нагару), смолистих відкладень і забруднень ЛФП широко застосовується термічна очистка. На деталях, не схильних до короблення, нагар можна видаляти випалюванням газовим полум'ям [1].

Механічний спосіб очищення часто проводиться в поєднанні з хімічними або фізико-хімічними способами. Він забезпечується за рахунок використання абразивних та інших матеріалів, що подаються разом з повітрям, водою або миючим розчином, очищенням в обертових (галтувальних) барабанах [14].

Очищення з використанням струменя води – найбільш використовуваний спосіб видалення забруднень. Водоструйні установки найчастіше оснащуються багатоступневими вихровими насосами. Для підвищення ефективності струменевої очистки в струмінь води вводять пар або абразив. В якості абразиву використовують кварцовий пісок, окис алюмінію, карбід бору та кремнію з розмірами частинок 0,8...1,0 мм [14].

Якщо після очищення різними способами поверхні деталей продовжують залишатися забруднені, їх видаляють ручним способом.

Ручний спосіб також може застосовуватися для очищення точних, великогабаритних і складних за формою деталей. Для видалення з поверхні деталей плівок ЛФП, продуктів корозії, нагару використовують механізований інструмент: електричні шліфувальні машинки з дротяними щітками, гнучкими абразивними колами або зі спеціальними оправками з наждачним папером. Застосовуються спеціальні установки для очищення від нагару поршнів, клапанів, головок блоку.

Перспективним є електроіскрове щіткове очищення поверхонь деталей від продуктів корозії, використання електрогідравлічного ефекту для очищення деталей від неорганічних забруднень – пилу, дорожнього бруду, залишків будівельних матеріалів тощо [14].

Організація та технологія мийно-очисних робіт залежить від типу підприємства, його виробничої програми, виду забруднень, що підлягають видаленню, об'єкту миття [3].

Вибір способу очищення залежить від багатьох факторів, у тому числі від характеру забруднень, місць їх відкладення, розмірів і конфігурації деталей, вимог, що пред'являються до якості очищення, складу та концентрації компонентів, що застосовуються при митті, впливу мийного розчину на оброблювану поверхню, ступеня безпеки при роботі, економічних міркувань та інших, але головним фактором, що визначає вибір способу очищення є вид забруднень [11].

Отже, у всіх випадках необхідно розчини, пасти, препарати, механізовані мийні установки випробовувати на окремих деталях, вибирати оптимальні умови отримання високої якості очищення, а потім вирішувати питання про впровадження способу очищення конструкції мийного обладнання.

Технологічні режими очищення вибирають в залежності від виду забруднень та їх адгезії до поверхні деталей, параметрів мийного

обладнання, способу миття, матеріалу відмиваних деталей та інших факторів [6].

З вищесказаного можна навести таку класифікацію способів очищення деталей під час ремонту агрегатів автотракторної техніки (рис. 1.1).

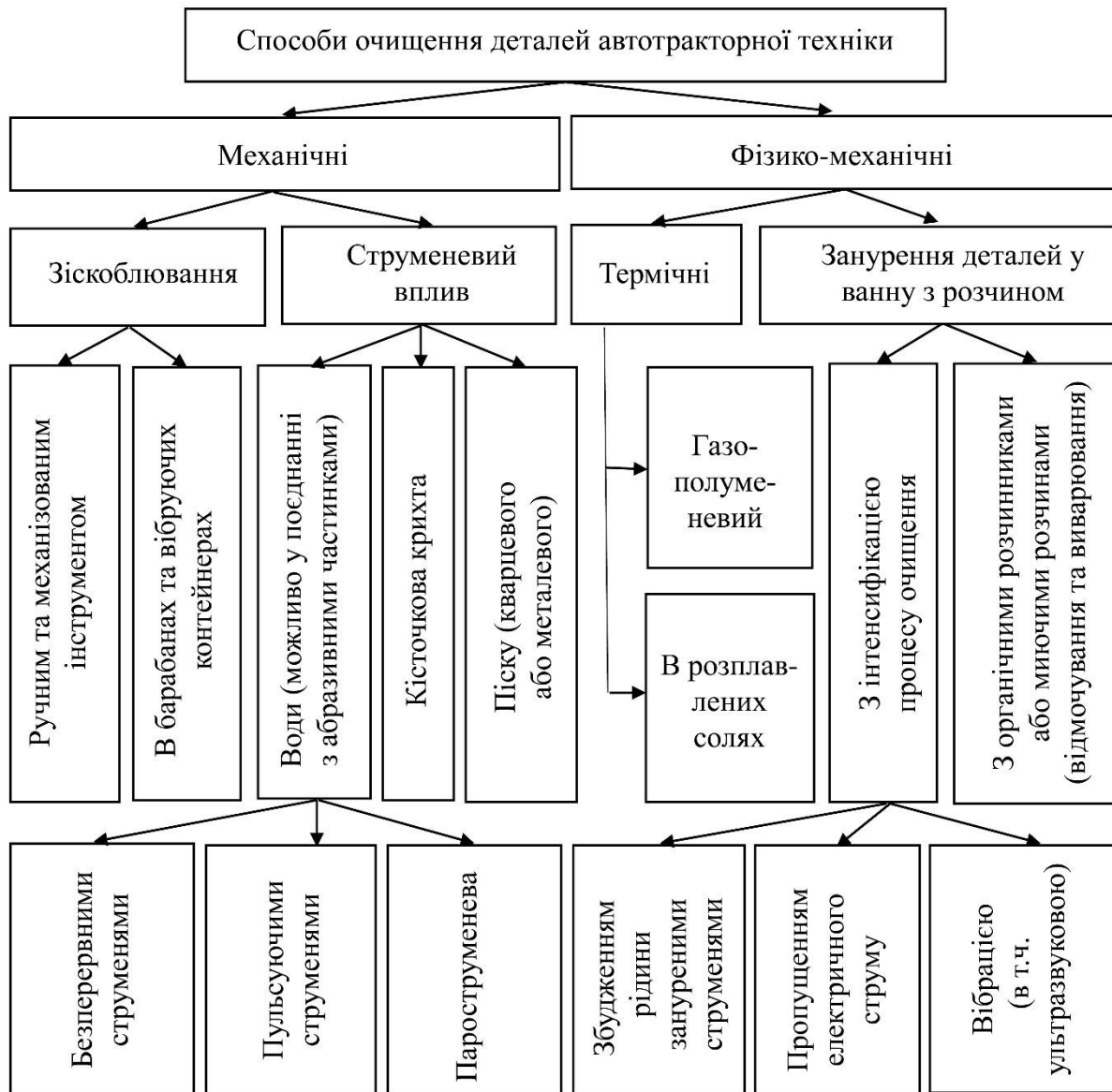


Рисунок 1.1 – Класифікація способів очищення деталей

1.3 Миючі засоби та їх розчини

Для видалення з поверхні машин таких забруднень, як залишки рослинності, пил, бруд достатньо впливу струменем теплої води (40...70°C) протягом певної тривалості часу.

Забруднення, що складаються з паливо-мастильних матеріалів, видаляють застосуванням 1...2% розчином каустичної соди. Розчини із такою концентрацією мають низьку ефективність. Для підвищення ефективності розчину потрібно збільшити концентрацію каустичної соди, що сприяє підвищенню корозійної агресивності розчину по відношенню до деталей, що очищаються, особливо з алюмінію і його сплавів, і шкідливого впливу на здоров'я працівників і навколишнє середовище. У зв'язку з цим використання каустичної соди останнім часом строго обмежується.

Синтетичні миючі засоби (МЗ) являють собою суміші лужних солей: кальцинованої соди, метасилікату натрію $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ та триполіфосфату натрію $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ та поверхнево-активних речовин (ПАР) [9]. Вони призначені для очищення машин, складальних одиниць та деталей від масляних та вуглецевих відкладень та випускаються промисловістю у вигляді білого та світло-жовтого порошку або гранул. Ці миючі засоби нетоксичні, негорючі, вибухобезпечні, добре розчиняються у воді; в них можна очищати деталі із чорних та кольорових металів в одному потоці. Препарати МЗ універсальні, їхня миюча дія в 2...3 рази вище дії розчинів на основі каустичної соди. Очищені вироби після миття не корродують, не вимагають ополіскування водою.

Речовина МЗ застосовується в якості водного розчину з концентрацією 15...30 г/л при температурі 70...80°C на всіх операціях миття і очищення машин, агрегатів і деталей від масляних і смолистих забруднень, а також очищення агрегатів і деталей методом занурення [15].

Недоліки цих миючих засобів – невисока швидкість очищення, низькі миючі та інгібіторні властивості, низький ступінь очищення при видаленні асфальто-смолистих відкладень, велика енергоємність миття при їх використанні, підвищене піноутворення при концентрації вище 35 г/л і при зниженні температури нижче 70°C [9, 11].

ПАР – це органічні сполуки, що забезпечують руйнування жирових плівок, що запобігають повторному осадженню забруднень, що створюють

стійкі емульсії при зіткненні з водною складовою миючого розчину. Ці речовини прискорюють процес очищення [3].

Синтетичні ПАР в даний час майже повністю витіснили луги та як активатори використовуються для багатьох розчинів. За застосуванням ПАР класифікуються на емульгатори, диспергатори, піноутворювачі, змочувачі. За хімічною будовою ПАР поділяються на неіоногенні та іоногенні (аніонактивні та катіонактивні). Останні у водних розчинах розпадаються на іони, утворюючи активні аніони або катіони.

Найбільшого поширення знаходять неіоногенні ПАР (ОП-7, ОП-10) і катіонактивні речовини (контакт Петрова, ДС-РАС та інших.).

Застосування СМЗ економічніше, ніж використання лужних розчинів: вони забезпечують багаторазове використання миючого розчину по замкнутому циклу, не викликають корозії металів і дозволяють очищати деталі з кольорових металів та їх сплавів [15]. Препарати МС-6, МС-16 та МС-18 застосовують переважно для видалення масляно-брудних, смолистих та асфальто-смолистих відкладень у машинах зі струминним та циркуляційним очищенням деталей та агрегатів.

Концентрація розчинів 15...25 г/л за температури розчину 75...85°C.

Препарати МС-8 та МС-15 застосовують при струминному та занурювальному очищенні деталей від міцних вуглецевих відкладень. Концентрація розчинів при занурювальному очищенні 20...25 г/л при температурі 80...100°C [12].

Призначення миючих засобів марки «Лабомід» аналогічне до призначення засобів марки МЗ. Технічні препарати «Темп-100» та «Темп-100А» є сумішшю лужних солей, ПАР і пасиваторів. Їх застосовують для струминного очищення деталей, складальних одиниць від масляно-брудних відкладень та захисту відмитої поверхні від корозії (пасивації). Концентрація розчинів 10...20 г/л за температури 60...75°C» [13].

Миючі препарати «Комплекс» та ДІАС призначені для струминного та пароструминного очищення обприскувальної апаратури від

отрутохімікатів та інших шкідливих забруднень. Концентрація розчину 10...15 г/л при температурі 80...95°C.

Органічні препарати АМ-15 та «Ритм» призначені для очищення деталей двигунів від міцних смолистих відкладень у ваннах. Він є розчином ПАР в органічних розчинниках. Препарат токсичний, пожежо- та вибухонебезпечний. Тому при його використанні необхідно робочі місця обладнати місцевими відсмоктувачами повітря та дотримуватись певних заходів пожежної безпеки. Температура розчину має перевищувати 40°C [23].

Великий вплив на очищення поверхонь надає лужність розчину. Луг нейтралізує наявні у складі забруднень кислоти. Лужні речовини сприяють збільшенню змочувальної здатності миючих розчинів.

Лужність розчину характеризується величиною водневого показника рН. Миюча здатність лужних розчинів виявляється за показника рН, що перевищує 8,3. Для очищення сталі та чавуну рекомендується підтримувати лужність розчину близько рН 14, алюмінію та цинку – не більше 10, латуні – 12. Велика концентрація лужних розчинів погіршує миючі властивості розчинів, викликає корозію металів [15].

Миюча здатність розчинів із підвищенням температури збільшується. Це пов'язано з тим, що у гарячих розчинах значно зменшується в'язкість маслянистих забруднень, розм'якшуються вуглецеві відкладення і тверді неорганічні речовини, особливо просочені оливою.

Гарячий розчин легше проникає у пори забруднень, що сприяє відриву останніх із поверхні деталей. При нагріванні збільшується циркуляція розчину, яка також сприяє видаленню забруднень за рахунок посилення механічного впливу на забруднення. Рекомендується підтримувати температуру розчину не більше 80...85°C. При вищій температурі миючий розчин інтенсивно випаровується.

Набагато ефективніше процес видалення забруднень відбувається у тих установках, у яких механічний вплив розчинів на деталі більше.

На процес видалення забруднень впливає жорсткість води. Підвищена жорсткість води погіршує миючі здібності розчинів. Для її зниження в знежирювальні розчини вводять синтетичні ПАР та пом'якшувачі» [15].

1.4 Миючі машини та установки

Технічні умови виготовлення мийних машин визначено у ДСТУ [2], у якому передбачено створення моніторних, струминних, занурювальних і комбінованих машин.

Моніторні машини в основному використовуються для гідродинамічного миття деталей, при якій на деталь, що обмивається, впливає струмінь води температурою 20...80°C і тиском 5...10 МПа.

Струменеві машини використовуються для миття деталей розчинами СМЗ, ополіскування та пасивування після обробки деталей зануренням, іноді після завершення їх механічної обробки. Випускаються у трьох варіантах: камерні прохідні, камерні тупикові, а також камерні прохідні секційні.

Струменеві мийні машини на українському ринку обладнання пропонують такі виробники: Magido, SME, CEEVER, Cemastir Lavametalli (Італія), Georg Render (Німеччина), Szakal FEM (Угорщина), Guyson (Англія) та ін. За своєю будовою вони приблизно однакові. Принцип роботи мийних машин струминного типу – зрошення струменями нагрітого до 60...95°C миючого розчину деталей агрегатів, що обертаються на кошику. В основу роботи методу очищення покладено комплексну взаємодію способів – механічного (гідродинамічна сила струменів) та фізико-хімічного (миючі засоби). Звідси й загальна для машин такого типу конструктивна схема: мийна камера, насос (насоси), блок керування та електрична шафа. У мийній камері крім бака з миючим розчином розташовується кошик для деталей загальною масою від 0,6 до 1,5 т, гідранти з форсунками, через які впорскується миючий розчин під

тиском 0,4...0,5 МПа, електронагрівальні елементи для нагрівання миючого розчину [6].

Машини струминного типу надійні у роботі, їх конструкція досить проста. Установки прохідного типу легко вписуються в технологічні процеси, оскільки дозволяють зв'язувати робочі пости підвісними конвеєрами. Використання цих машин забезпечує якісне очищення поверхні від ґрунтових та маслянистих забруднень.

Однак поряд з достоїнствами струменеві машини мають істотні недоліки: невисока якість очищення деталей (особливо складної форми) від смолистих відкладень, значні втрати тепла внаслідок розбризкування струменів, велика кількість сопел, що забиваються. При температурі 60°C миюча здатність засобів на основі ПАР знижується в 1,2...2 рази [15].

При занурювальному способі очищення деталь занурюється і витримується в миючому розчині, що містить СМЗ. Перевагами способів занурення в порівнянні зі способами струминного очищення є: найкраще очищення деталей зі складною конфігурацією поверхонь, використання різних очищувальних середовищ, включаючи розчинно-емульгуючих засобів (РЕМ) і СМЗ, можливість нагрівання розчину до 90...95°C, зменшення піноутворення, енергоємності, втрат тепла, мала активація очисного середовища, різноманіття способів інтенсифікації процесів очищення, відсутність дроблення відмитих забруднень, що забезпечує збільшення терміну служби розчину та поліпшення умов їх видалення з ванни, спрощення конструкції та підвищення надійності роботи установок, оскільки в них немає насосів та гідрантів та інші.

Занурювальні машини є основним обладнанням для очищення деталей від асфальтово-смолистих відкладень, продуктів корозії, накипу та залишків старих ЛФП. Вони виготовляються у двох виконаннях: тупикові та прохідні [5].

Найбільший ефект занурювального очищення досягається при активації миючого розчину у різний спосіб: переміщенням або вібрацією

деталі, перемішуванням розчину, використанням УЗ та іншими. З появою ефективних РЕМ розроблені машини занурювального типу з платформою, що коливається (у вертикальній площині): ОМ-5287 для очищення деталей, у тому числі блоків, ОМ-5288 – для ополіскування. Машини випускаються серійно. Прості за конструкцією, вони знайшли широке застосування для очищення агрегатів, вузлів та деталей від асфальто-смолистих відкладень: у машині ОМ-5287 – у розчинниках типу АМ-15, ДВП-1, МК-3 (температура яких при застосуванні має бути не більше 50°C), а в машині ОМ-5288 – в миючих розчинах типу Лабомід-101, МС-8 (при температурі 75...85°C). Миючі засоби ефективні тільки в установках, що працюють за принципом занурення деталей, що очищаються в розчині [5].

У машині АКТБ-202 (рис. 1.2) та роторній мийній установці 13Р1 (рис. 1.3) очищення деталей відбувається зануренням у розчини СМЗ.

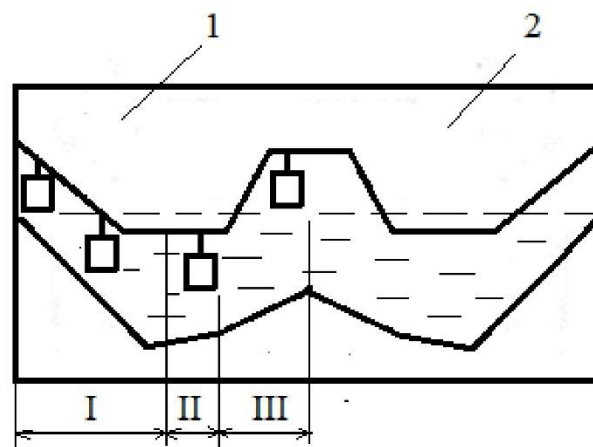
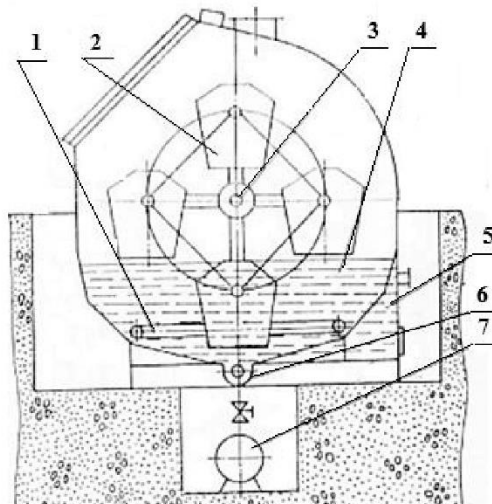


Рисунок 1.2 – Схема роботи машини АКТБ-202

АКТБ-202 служить для видалення з поверхні деталей твердих та маслянистих відкладень та асфальто-смолистих забруднень. Складається з двох камер (1 – миття та 2 – ополіскування), через які підвісним ланцюговим конвеєром пересувають складальні одиниці. Камера миття заповнена розчином з СМЗ, а камера ополіскування – водою. Камера розділена на зони: I – нагрівання виробу, що очищується; II – створення коливань; III – обмивання.

У роторній установці 13Р1 забруднені вироби поміщають у контейнери, яким надається планетарний рух і вібраційна дія з частотою 46...47 Гц (викликає кавітаційний вплив розчину на забруднення). При цьому вони переходять через шар розчину СМЗ, підігрітого до температури 90...100°С. Поєднання теплового та хімічного впливів розчину при русі виробу дає гарну якість очищення.

Застосовуються розчини Лабомід-203 та МС-8 концентрацією 30...35 г/л. Привід вібрації від вібратора НВ-63. Габаритні розміри установки 4540×4120×4000 мм. Машина обладнана пристроями для безперервного очищення розчину від твердих та маслянистих забруднень [5].



1 – теплообмінник; 2 – контейнер; 3 – вал з хрестовинами (ротор); 4 – ванна; 5 – маслозбірник; 6 – гвинтовий конвеєр; 7 – брудозбірник

Рисунок 1.3 – Мийна машина роторного типу 13Р1

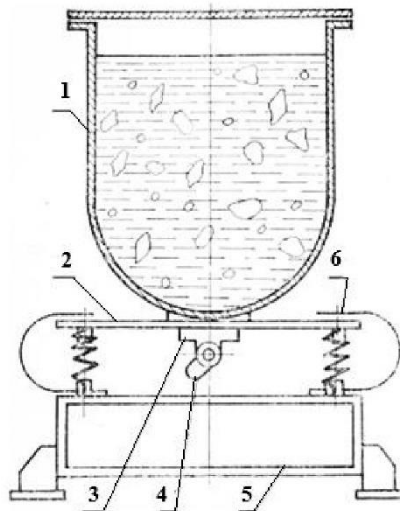
При віброабразивному очищенні видалення забруднень з поверхні деталей відбувається внаслідок впливу на них абразивних матеріалів і взаємодії виробів, що очищаються – рис. 1.4.

Рекомендується віброабразивне очищення проводити для деталей складної форми та малих розмірів (важелі, кулаки, клапани, пружини та ін.). В якості абразивного середовища можна застосовувати фарфорову крихту, металевий дріб, битий мармур та ін. Вибір абразиву залежить від

конструкції, матеріалу і призначення деталей, що очищаються, виду і ступеня їх забруднень. Відомі багато конструкцій віброабразивних установок.

Незважаючи на деякі відмінності, принцип їхньої роботи однаковий. Деталі завантажують у контейнер з миючим розчином та абразивним матеріалом. Контейнер закріплений на пружній віброплатформі, знизу якої кріпляться корпуси підшипників вібратора. Вібратор являє собою вал з дисбалансом, що має привід через пасову передачу електродвигуна.

Контейнер із віброплатформою встановлений на основі. Для гасіння поперечних коливань контейнера з віброплатформою передбачені стрічкові пружини [14].



1 – контейнер з миючим розчином; 2 – віброплатформа; 3 – корпус підшипників вібратора; 4 – вал з дисбалансом; 5 – основа; 6 – стрічкові пружини

Рисунок 1.4 – Схема установки ОМ-9312 для віброабразивного очищення

Комбіновані мийні машини є поєднанням занурювальних і струминних мийних машин в одному агрегаті (ОМ-5333, ОМ-7421, ОМ-9318). У комбінованих мийних машинах вдало поєднуються переваги занурювальних (мала енергоємність, велика продуктивність, простота конструкції) і струменевих машин (велика швидкість очищення).

З метою інтенсифікації процесу очищення створені машини з вертикальним зворотно-поступальним переміщенням об'єкта очищення (ОМ-5287), коливальним переміщенням навколо горизонтальної осі і роторним переміщенням об'єктів, що очищаються (15РЗ) і з активацією миючого розчину (ММЧ-1 та ін.)

В останні роки добре зарекомендували себе та користуються попитом автоматичні мийки деталей та агрегатів марки АМ-500, АМ-600, АМ-700, АМ-800, АМ-900, АМ-1000, АМ-1150, АМ-1400, АМ-1500 виробництва ДК «ГАРО» (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Загальний вигляд автоматичних мийних установок серії АМ

Вони являють собою мийну камеру із замкнутим контуром і з відкидною кришкою. Параметри циклу миття задаються на панелі керування.

Розміщення деталей у кошику, що обертається, дозволяє змінювати положення деталей перед струменями розчину. П-подібна форма рамп дозволяє промивати вироби струменями мийного розчину з трьох сторін: зверху, знизу та збоку протягом заданого часу, що забезпечує максимальну ефективність очищення у доступних областях поверхні деталей. Автоматичні установки для промивання серії АМ призначені для використання зі слаболужними розчинами. Лінійка комплектується

електромеханічним приводом кошика з частотою обертання 5...10 об/хв., що забезпечує високу якість очищення за рахунок рівномірної подачі миючого розчину по всій поверхні деталей [4].

Мийки для вузлів та агрегатів з лінійок DOLFIN PYM та REIN MD відомого турецького бренду промислового мийного обладнання DOLFIN є установкою замкнутого типу, де відбувається ефективний процес очищення деталей від технічних забруднень різної складності (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Установка для миття деталей DOLFIN PYM950 (Туреччина)

Корпус установки виготовлений з нержавіючої сталі, кошик має додаткові ребра жорсткості та підтримуючі ролики, за рахунок чого навантаження не перекошує його з часом. Подвійна система фільтрації, збільшена площа ТЕНів із нержавіючої сталі, високопродуктивний насос.

Усередині установки розташовується робочий кошик, на якому розміщуються деталі для очищення. Кількість і розмір деталей, що завантажуються, обмежується висотою мийної камери, діаметром і максимальним завантаженням кошика.

Миття деталей здійснюється в герметичному просторі, в якому карусельно крутиться кошик з деталями. Рамка з форсунками зафіксована та розпорошує нагрітий миючий розчин на деталі одночасно з трьох сторін

– зверху, знизу та збоку. В результаті обертання кошика всі поверхні деталей поступово потрапляють під очищення.

Установки з лінійок DOLFIN PUM та REIN MD оснащені технологією фільтрації. Розчин може використовуватись у замкнутій системі тривалий час.

Установки є автоматизованими комплексами і від оператора потрібно лише задати час та температуру. У процесі роботи вони контролюватимуться автоматично.

Установка для миття деталей Magido L331V/08 (Італія) з підігрівом води з вертикальною помпою – рис. 1.7.



Рисунок 1.7 – Установка для миття деталей Magido L331V/08 (Італія)

Оптимальну чистоту забезпечує впорскування засобу для чищення при температурі 60...70°C. Сукупність форсунок допомагає повністю покрити комплектуючі та запчастини розчином, а жирний шар та інші забруднення усуваються завдяки одноразовій дії високого тепла, тиску та хімічного засобу. Після миття всі деталі миттєво висихають, оскільки нагріваються у процесі очищення.

Миюча установка має такі переваги: очищення деталей без використання розчинників; відсутність зливу хімікатів у навколишнє

середовище завдяки закритому циклу миття; розчин для миття можна застосовувати багато разів доти, доки його дія не стане малоефективною.

Установка для миття деталей Nordberg NW150 (Китай) із підігрівом, закрита – рис. 1.8 – очищує деталі автомобілів фізико-хімічним шляхом за допомогою циркулюючого миючого розчину на водній та лужній основі. Миття деталей з електричним насосом, об'єм 90 л.



Рисунок 1.8 – Установка для миття деталей Nordberg NW150 (Китай)

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ АГРЕГАТИВ МАШИН ПРИ РЕМОНТІ

2.1 Аналіз факторів, що впливають на ресурс машин

Відповідно до [21] ресурс – сумарне напрацювання об'єкта від початку його експлуатації або його відновлення після ремонту до моменту досягнення граничного стану.

Будь-яка технічна система, якою є автомобіль, складається з різних елементів. Ці елементи з погляду надійності відрізняються один від одного середнім ресурсом. У міру експлуатації системи її елементи піддаються природним процесам зношування, накопичення втомних ушкоджень, різним деформаціям та процесам старіння. Спочатку виходять з ладу менш довговічні елементи, а потім у потік відмов включатимуться більш довговічні елементи. Встановлено, що параметр потоку відмов істотно залежить від часу експлуатації системи чи її напрацювання. Зношування характеризується, як правило, плавною зміною будь-якого структурного параметра елемента в часі.

Рівень працездатності кожного елемента характеризується декількома структурними параметрами S , які відбивають його стан у процесі роботи у період напрацювання: знос, пружність, зазор у поєднанні, жорсткість конструкції, температура та інші чинники. Ступінь зношування елемента зазвичай подається у вигляді залежності відповідного параметра від часу напрацювання t . Для забезпечення безвідмовної роботи об'єкта за параметром S необхідно періодично стежити за змінами його стану. Якщо виявляється, що його залишковий ресурс менше встановленої величини, це говорить про необхідність його заміни [1].

$$S = S_n + Vt^\alpha, (2.1)$$

де S – поточне значення показника в період напрацювання; V – швидкість зміни параметра при $t=1$, зменшена в α разів; α – показник ступеня, що характеризує інтенсивність зміни параметра в часі; t – наробіток.

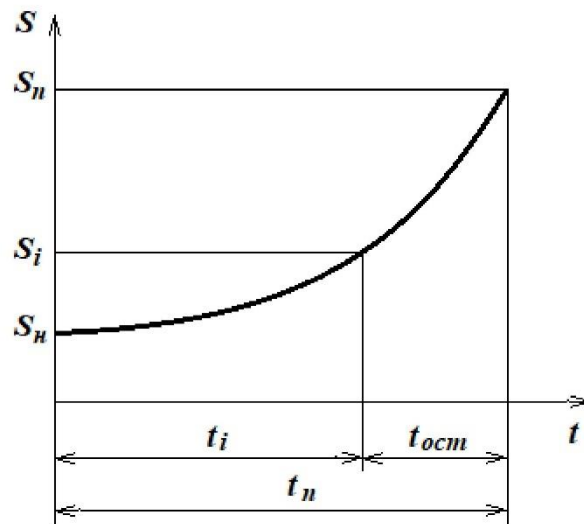


Рисунок 2.1 – Зміна параметра S деталі від наробітку t

Вираз (2.1) для граничного значення при цьому переписеться як:

$$S_n = S_n + Vt_n^\alpha. (2.2)$$

Як випливає з виразу (2.2), ресурс об'єкта, що ремонтується, буде:

$$t_p = \frac{\sqrt[\alpha]{S_n - S_n}}{V}, (2.3)$$

а залишковий ресурс до настання граничного стану:

$$t_3 = t_n - t_i. (2.4)$$

Отримані параметри встановлюють період запобіжних робіт із заміни та відновлення зношених деталей.

Для підвищення ресурсу роботи системи та зниження ризику аварійних ситуацій насамперед необхідно звертати увагу на елементи «слабкої ланки», а підвищення їхньої довговічності має вирішуватися з урахуванням умов експлуатації [1].

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 [9].

При цьому, під експлуатацією об'єкта розуміється стадія його існування у розпорядженні споживача за умови застосування об'єкта за призначенням, що може чергуватись із зберіганням, транспортуванням,

технічним обслуговуванням та ремонтом, якщо це здійснюється споживачем. До найважливіших нормативів технічної експлуатації відносяться періодичність ТО, ресурс виробу до ремонту, трудомісткість ТО та ремонту, витрата запасних частин та експлуатаційних матеріалів [1].

Навіть за повного виконання всіх вимог при проектуванні, виготовленні та експлуатації машини через певний час їх роботи порушується працездатність [3, 7, 9]. Однією з причин настання граничного стану та зниження ресурсу деталей машин є корозія [5].

Одним із шляхів, що визначають збільшення ресурсу машин, можна назвати вдосконалення технологічних процесів миття деталей за рахунок підвищення миючих та протикорозійних властивостей розчинів [9].

Так, введення пентаборату амонію (ПБА) у кількості 5 г/л в якості активізуючої добавки до складу 7%-го розчину «Темп-100» при митті деталей двигуна ЗМЗ-409051.10 автомобіля УАЗ-3303, збільшує міжремонтне напрацювання двигуна на 13% і більше.

Це пояснюється наявністю інгібіторних властивостей у ПБА, завдяки яким на поверхні вимитих деталей формується плівка, що підвищує стійкість деталей до корозії, та підвищення якості дефектування деталей при комплектації внаслідок поліпшення миючих властивостей розчину.

2.2 Теоретичне обґрунтування впливу вдосконалення властивостей миючого розчину на міжремонтний ресурс агрегатів машин

Оцінку залежності ресурсу двигуна від робіт КР проводили за методикою, наведеною в [3, 5], методом інтеграції думок кваліфікаційних фахівців, тобто методом експертних оцінок, яка полягає в колективній роботі експертних груп та отриманні, а потім підсумовуванні індивідуальних оцінок експертів.

Вибрано 4 види робіт:

- прибирально-мийні;
- контрольно-діагностичні, дефектувальні та регулювальні;
- розбирально-складальні та слюсарно-механічні;

– мастильно-заправні.

Усі чотири види робіт впливають на ресурс двигуна при КР, але постає питання, якому віддати перевагу? Було складено колектив із восьми експертів, кожен з яких самостійно оцінював вплив видів робіт на ресурс двигуна, ранжирувавши їх за значимістю, тобто:

1) здійснювалася комплектація та перевірка компетенції групи експертів, які повинні бути фахівцями у питанні, але не бути зацікавленими у результатах;

2) проводився усний чи письмовий інструктаж групи експертів;

3) експертами здійснювалася індивідуальна оцінка впливу запропонованих видів робіт, у процесі якої вони розташовувалися в порядку зменшення ступеня їх впливу на ресурс двигуна, що є цільовою функцією.

При цьому вид роботи, що має найбільший вплив, оцінювався першим рангом (цифрою 1). Виду роботи, що має менше значення, присвоювався другий ранг (цифра 2) і т.д.

4) проводилася обробка результатів експериментів.

За результатами експертних оцінок можна розставити перевагу видів робіт із впливу на ресурс двигуна:

1 місце – прибирально-мийні;

2 місце – мастильно-заправні;

3 місце – контрольно-діагностичні, дефектувальні та регулювальні;

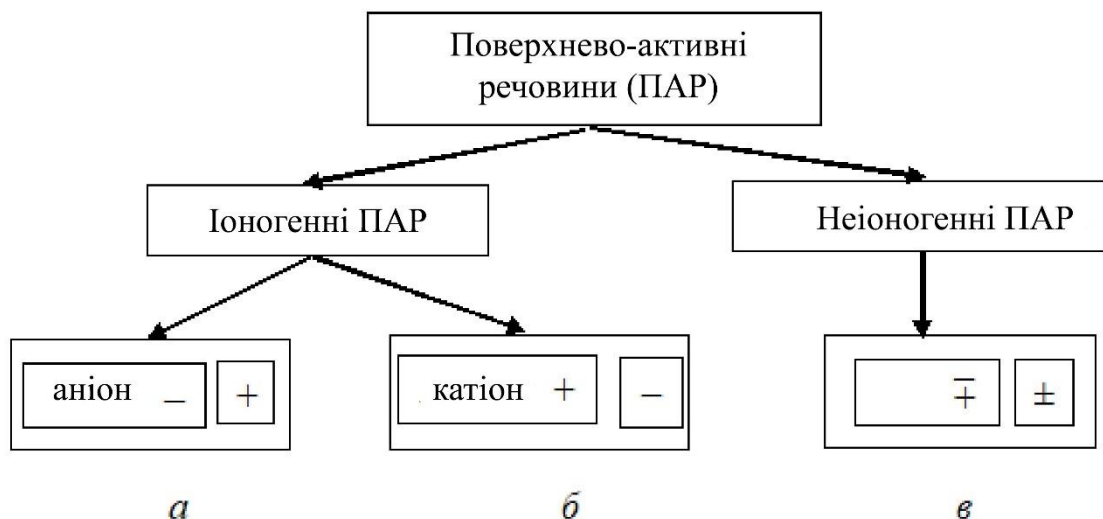
4 місце – розбирально-складальні та слюсарно-механічні.

2.3 Механізм миючої дії багатокомпонентного розчину на забруднення деталей

Можна розглядати іоногенні та неіоногенні ПАР [5] (рис. 2.2).

Іоногенні ПАР – це ПАР, здатні дисоціювати у воді. За характером іонів вони діляться на дві основні групи [7]. Якщо вуглеводнева частина молекули ПАР входить до складу аніону, то сполуку відносять до аніоноактивних ПАР (рис. 2.2, а). Відповідно катіоноактивні ПАР (рис. 2.2,

б) утворюють у водних розчинах катіони, що містять вуглеводневі радикали [6].



а – аніоноактивні; б – катіоноактивні; в – неіоногенні

Рисунок 2.2 – Класифікація ПАР із зображенням схеми їх молекул

Молекули неіоногенних ПАР містять полярні групи, що не іонізуються, до складу яких входять атоми кисню, азоту та сірки. Одні автори припускають, що неіоногенні ПАР можуть виявляти властивості аніоноактивних ПАР, інші стверджують, що вони здатні проявляти катіоноактивний характер. Ці твердження умовно показані на рис. 2.2, в.

Насправді все відбувається досить складніше, тому що активність неіоногенних ПАР пояснюється величезною кількістю неіоногенеруючих гідрофільних груп [9].

Очищення поверхонь пов'язана з витратою теплової, механічної та фізико-хімічної енергії на руйнування забруднень (подолання міцнісних, когезійних сил) та на видалення забруднень з поверхні (подолання утримуючих адгезійних сил) [17].

Теплова енергія необхідна для зниження когезійно-адгезійних зв'язків забруднень, що видаляються. Так, в'язкість асфальто-смолистих відкладень у двигунах у разі підвищення температури від 20 до 100°C зменшується у сто і більше разів [15]. При ударі струменя рідини об поверхню деталі, що обмивається, виникають дотичні та нормальні

напруження, 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 [9].

Силу удару струменя (P) можна визначити за виразом [5, 9, 10]:

$$P = m_0 v_0 (1 - \cos \alpha) = \rho \omega_0 v_0^2 (1 - \cos \alpha), (2.5)$$

де m_0 – секундна маса рідини; v_0 – швидкість потоку (швидкість витікання води із сопла); α – кут відсікання струменя від точки зустрічі з перепорою;

ω_0 – живий переріз струменя, що набігає; ρ – густина рідини.

Сила удару струменя, як впливає з виразу (2.5), збільшується зі збільшенням швидкості потоку v_0 , яка визначається за виразом:

$$v_0 = \varphi \sqrt{2gH}, (2.6)$$

де $\varphi = 0,475 \dots 0,98$ – коефіцієнт швидкості потоку. Залежить від форми отвору та типу насадки; H – напір води.

Витрату води можна визначити за виразом:

$$Q = \frac{\pi d^2 v_0}{4000}. (2.7)$$

Тоді з виразу (2.6) з урахуванням виразу (2.7) впливає, що, зменшуючи діаметр сопла d і збільшуючи швидкість витікання води v_0 , можна збільшити силу удару струменя P , не змінюючи витрату води Q .

Використовуючи схему сил, що наведена на рис. 2.3, можна встановити умову видалення частки забруднення з поверхні деталі.

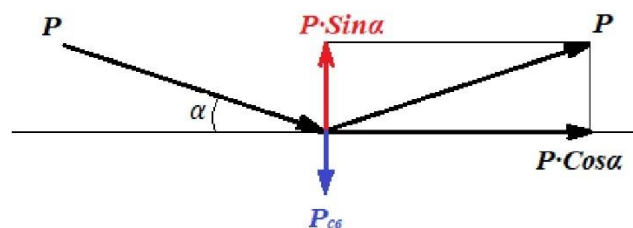


Рисунок 2.3 – Схема сил впливу струменя рідини на частину забруднення поверхні деталі

При струминному очищенні статичний напір рідини перетворюється на динамічний тиск. Умовою видалення забруднень є перевищення динамічних тисків рідини над властивостями міцності забруднень [4].

Видалення забруднення з поверхні деталі можливе за умови:

$$P \sin \alpha \gg P_{cv} \quad (2.8)$$

При цьому факторами, що визначають ефективність видалення забруднень із поверхонь деталей, є: температура миючої рідини; швидкість струменя рідини; хімічна активність миючого розчину; кут розтікання струменя; профіль насадки.

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика дослідження корозії зразків електрохімічним методом

Методика дослідження корозії зразків електрохімічним методом докладно наведена у роботі [4]. Одним з найбільш важливих факторів, що впливають на результати електрохімічних досліджень корозійних процесів, є характер підготовки поверхні металу та ступінь її однорідності. Зразки шліфували за допомогою наждакового паперу, послідовно переходячи від грубіших сортів до тонших.

Полірування проводили на сукні до видалення рисок. Під час полірування на полірувальний матеріал безперервно наносили суспензію води з подрібненими абразивними матеріалами (Al_2O_3).

Після промивання у воді, зразки знежирювали ацетоном, використовуючи фільтрувальний папір. Потім обполіскували у дистильованій воді.

Перед зважуванням зразки висушувалися за допомогою фільтрувального паперу і протягом доби витримувалися в ексікаторі над безводним хлоридом кальцію. Одночасно дослідження проводили на 5 зразках. Необхідний рівень корозійного розчину підтримувалась протягом усього експерименту.

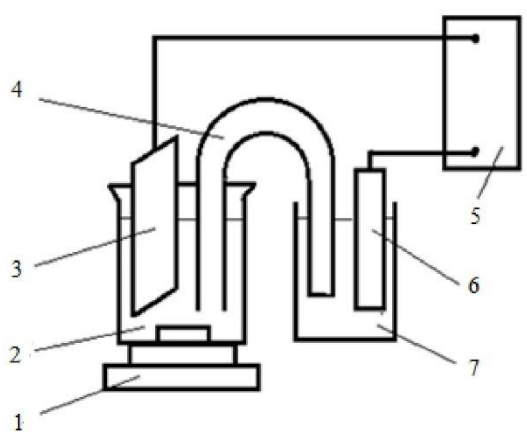
Розрахунок мінімального об'єму корозійного розчину робили з умови 20...40 мл на 1 см^2 поверхні зразка. Експериментальний зразок занурювали у розчин на глибину не менше ніж 2 см від поверхні розчину.

Під час проведення випробувань зразки підвішували на скляних гачках. Тривалість випробувань визначалася програмою досліджень.

При корозійно-електрохімічних дослідженнях важливо знати потенціал, що встановився (стаціонарний) у часі, оскільки він характеризує процеси корозії протягом часу. Ці значення потенціалу дають можливість оцінки характеру катодних реакцій, зокрема встановити ймовірність перебігу процесів кисневої або водневої деполяризації. Також великий

інтерес становлять зміни потенціалу на початку експерименту, бо переважно вони характеризують процес утворення на поверхні металу захисних плівок [4].

Але найціннішими є дані виміру потенціалу у часі. Вимірювання проводили з перемішуванням розчину за схемою, наведеною на рис. 3.1.



1 – магнітна мішалка; 2 – склянка; 3 – зразок; 4 – електролітичний ключ; 5 – високоомний вольтметр потенціостату П-5848; 6 – хлорсрібний електрод; 7 – проміжний стакан з досліджуваним розчином

Рисунок 3.1 – Схема установки для вимірювання потенціалів

Для дослідження корозії зразків електрохімічним методом користувалися потенціостатом П-5848, схема підключення якого показана на рис. 3.2.

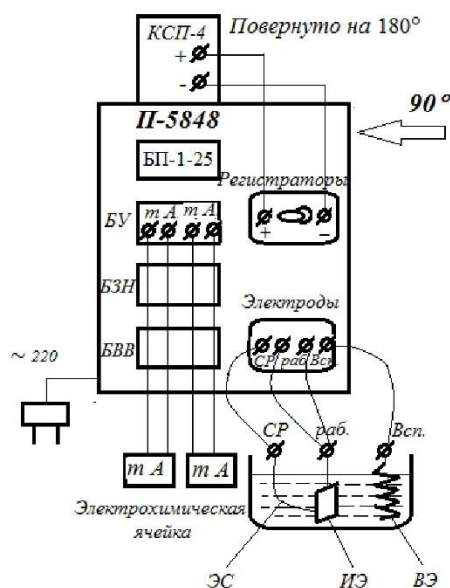


Рисунок 3.2 – Схема підключення потенціостату П-5848

Отримані під час експерименту результати представлені графічно в координатах «потенціал – щільність струму».

3.2 Методика дослідження впливу добавки в миючий розчин на корозійно-втомну міцність зразків

Дослідження впливу добавки в миючий розчин на корозійно-втомну міцність зразків проводили за методикою, наведеною в [9].

Одним із методів захисту металів від корозійної втоми є пригнічення корозійного середовища [10, 11, 12]. Критерієм для кількісного вираження корозії металів при одночасній дії циклічних напружень прийнято вважати коефіцієнт запасу циклічної міцності на обраній базі випробувань і циклічну довговічність при заданому напруженні конструкційних матеріалів у корозійних середовищах [4].

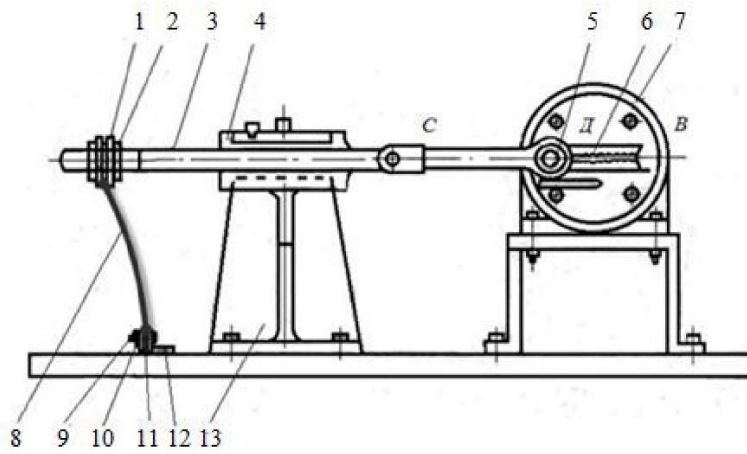
У зразках створювали циклічні напруження, згинаючи їх симетрично з частотою 500 цикл/хв на спеціальній установці. Установку для корозійно-втомних випробувань виготовлено в умовах лабораторії (рис. 3.3).

Внутрішні напруження зразка розраховували за формулою:

$$\sigma = \pm \frac{3Ehf}{2l^2} \quad (3.1)$$

де E – модуль пружності випробуваного матеріалу; h – товщина зразка; f – стріла прогину зразка (амплітуда коливання); l – робоча довжина зразка.

Для вивчення ефективності дії інгібіторів на корозійно-втомну міцність металів необхідно зняти криві тривалої циклічної міцності металу (рис 3.4) в корозійно-інертному середовищі (крива 1), в корозійному середовищі без інгібітору (крива 2) і в присутності корозійно-інертного середовища після витримки у корозійному середовищі без інгібітора (крива 4), у корозійно-інертному середовищі після витримки у корозійному середовищі з інгібітором (крива 5).



1 – гумова прокладка; 2 – кільце; 3 – повзун; 4 – втулка; 5 – гвинт; 6 – вимірювальна шкала; 7 – маховик; 8 – випробуваний зразок; 9 – болт; 10 – гайка; 11 – планка; 12 – косинець; 13 – стійка

Рисунок 3.3 – Схема установки для випробування зразків на корозійну втому

На підставі експериментальних даних обчислювали значення напружень, при яких зразки руйнуються в корозійному середовищі при базовому числі циклів до руйнування в різних середовищах.

Порівнюючи значення в корозійному середовищі з інгібітором і без нього, визначали ефективність дії інгібітора на корозійно-втомну міцність зразка.

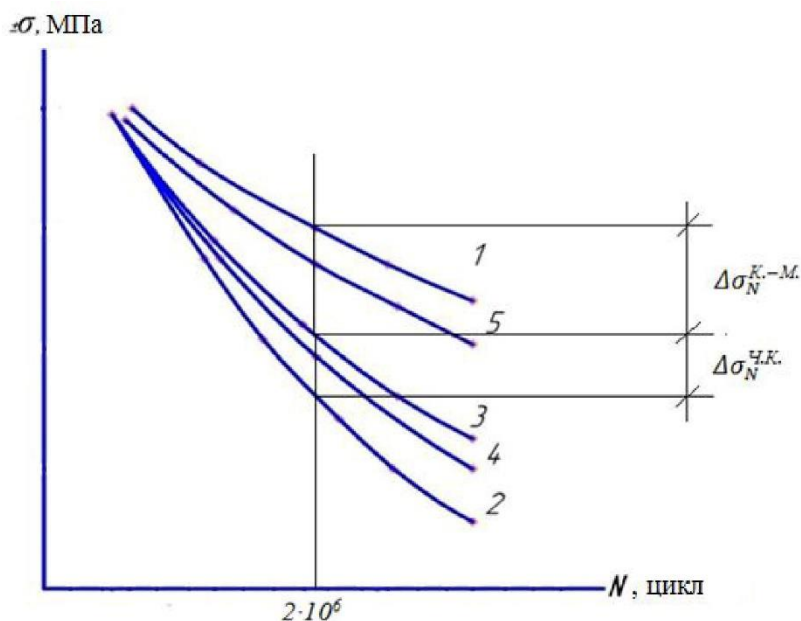


Рисунок 3.4 – Криві тривалої циклічної міцності металу

Нами вивчено вплив ПБА на швидкість корозії, інгібіторний ефект, ступінь захисту сталі 45Х за 30 діб у 3% розчині NaCl у присутності «Темп-100» концентрацією 7%. Результати наведено на рис. 3.5 – 3.8.

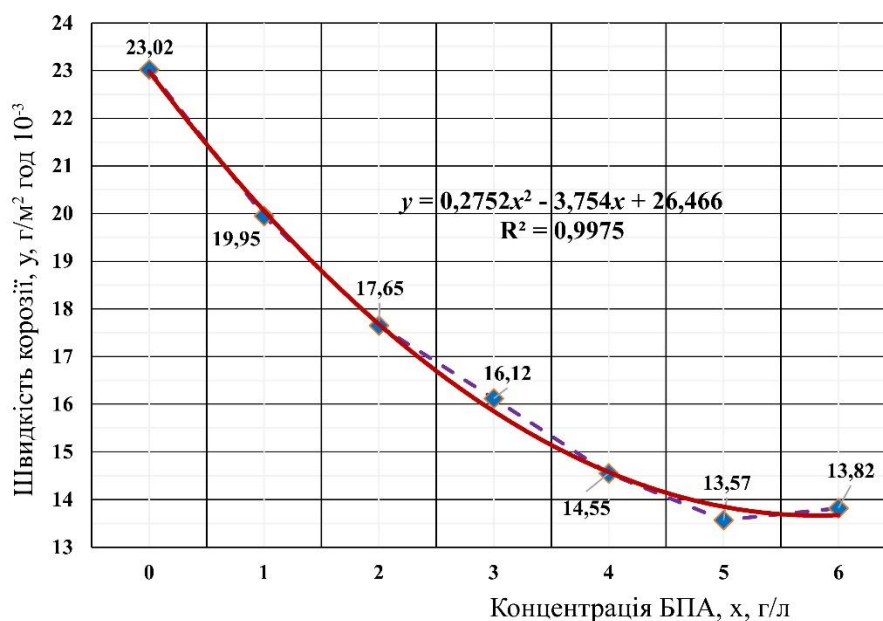


Рисунок 3.5 – Вплив концентрації ПБА на швидкість корозії сталі 45Х у 3%-му розчині NaCl у присутності «Темп-100» концентрацією 7% за 30 діб

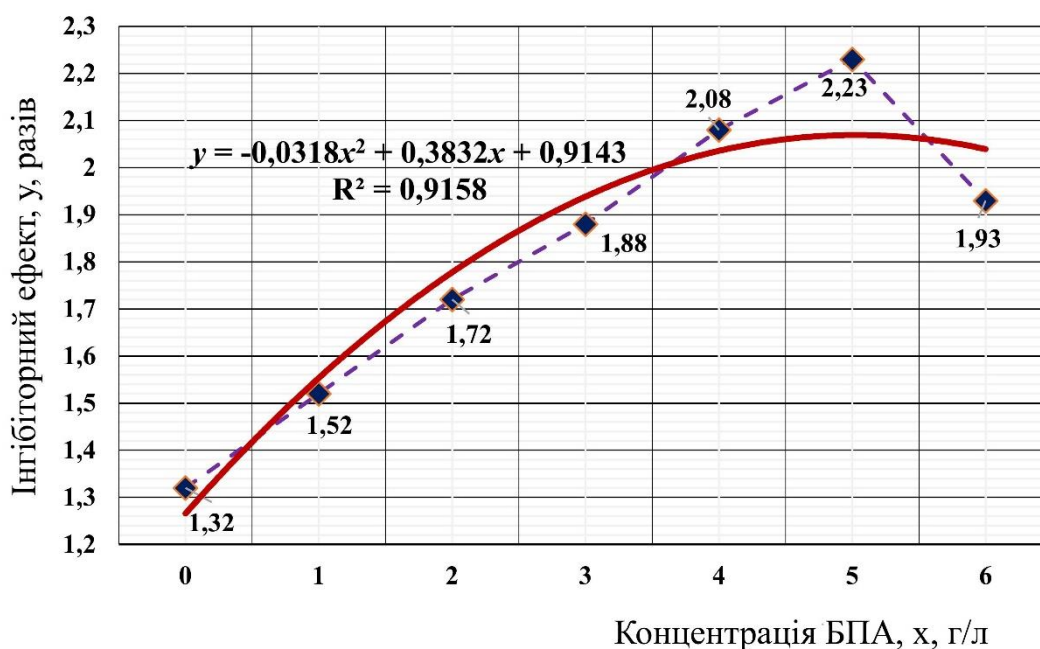


Рисунок 3.6 – Вплив концентрації ПБА на інгібіторний ефект у 3%-му розчині NaCl у присутності «Темп-100» концентрацією 7% за 30 діб

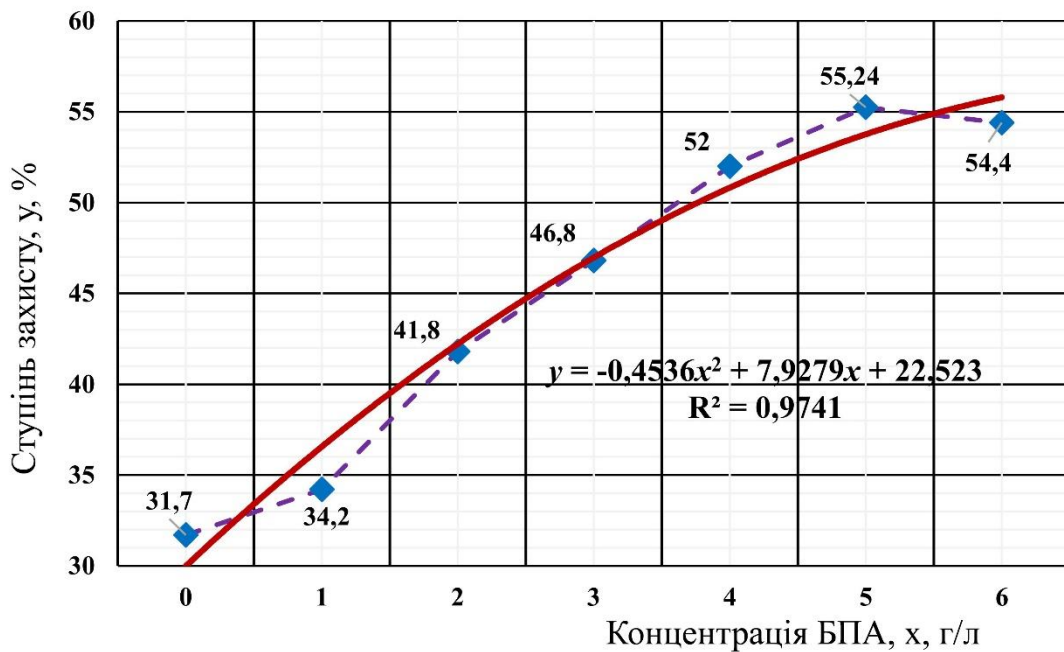


Рисунок 3.7 – Вплив концентрації ПБА на ступінь захисту сталі 45X в 3% розчині CaCl_2 у присутності «Темп-100» концентрацією 7% за 30 діб

За наведеними даними можна зробити висновок, що добавка ПБА концентрацією 5 г/л в 7% розчин «Темп-100» підвищує корозійну стійкість сталі 45X в 3% розчині NaCl .

При цьому підвищення концентрації ПБА понад 5 г/л сприяє погіршенню всіх трьох показників, що характеризують інгібіторні властивості ПБА. Таке явище підтверджує, що така концентрація ПБА є раціональною в 7% розчині «Темп-100».

Виходячи з цього, концентрацію ПБА в якості інгібітору корозії в 7% розчині «Темп-100» приймаємо на рівні 5 г/л – 0,05%.

3.3 Електрохімічні дослідження інгібіторних властивостей добавки у розчині «Темп-100»

Результати вивчення інгібіторних властивостей ПБА за щільністю анодного струму в розчині «Темп-100» наведено на рис. 3.8. Для потенціодинамічного вимірювання щільності анодного струму скористалися потенціостатом П-58 порівняння з хлорсрібним електродом.

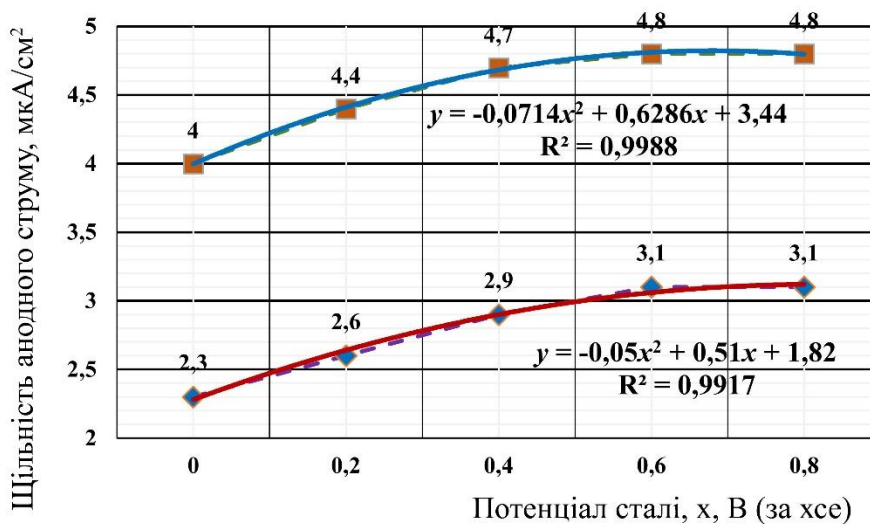


Рисунок 3.8 – Вплив концентрації ПБА в 7% розчині «Темп-100» на щільність анодного струму

За даними можна судити, що введення 5 г/л ПБА в 7% розчин «Темп-100» знижує щільності анодного струму, отже, знижує і швидкість корозійного руйнування сталі 45Х, підвищуючи інгібіторні властивості розчину «Темп- 100».

Інгібіторні властивості ПБА також вивчені зняттям потенціодинамічних поляризаційних кривих сталі 45Х (рис. 3.9).

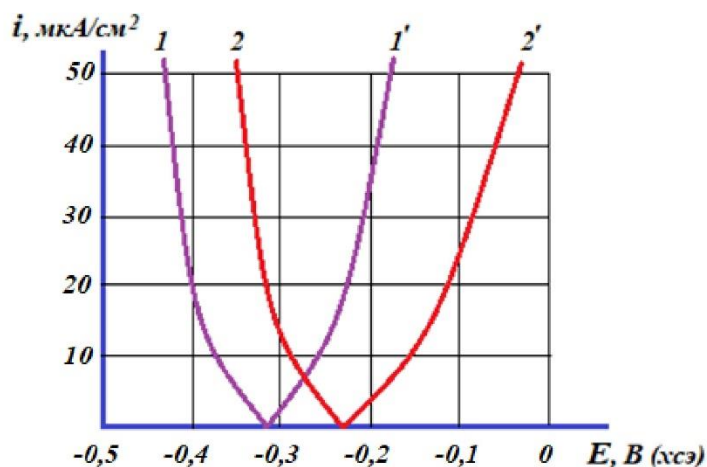


Рисунок 3.9 – Анодні та катодні потенціодинамічні поляризаційні криві сталі 45Х у 7%-му розчині «Темп-100»

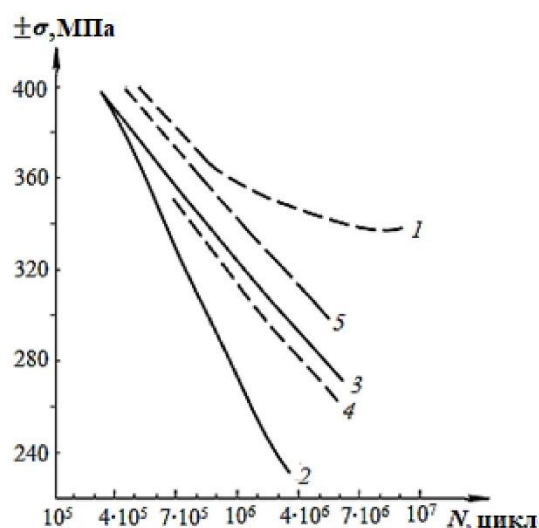
Дані рис. 3.9 показують, що ПБА зміщує потенціал початку кородування сталі (крива 2-2') на 0,8В в позитивну зону відносно

потенціалу корозії (крива 1-1'). ПБА формує на поверхні вимитих деталей оксидну плівку, чим пояснюється пасивація сталі 45Х.

3.4 Дослідження впливу добавки на корозійно-втомну міцність сталі в розчині «Темп-100»

Є відомості [3, 8], що зниження циклічної міцності сталі в першу чергу залежить від корозійних та корозійно-механічних уражень. Додавання інгібітора зменшує ефективність руйнівних факторів, що знижують міцність металу [9]. У зв'язку з цим було прийнято рішення вивчити вплив ПБА на корозійну втому сталі 45Х у розчині «Темп-100» за методикою, описаною раніше.

Результати випробувань наведено на рис. 3.10. За основу випробувань прийнято 2×10^6 циклів.



1 – у повітрі; 2 – у 7%-му розчині «Темп-100»; 3 – у 7%-му розчині «Темп-100» з добавкою 5 г/л ПБА; 4 – у повітрі після виїмки з 7%-го розчину «Темп-100»; 5 – у повітрі після виїмки з 7% розчину «Темп-100» з добавкою 5 г/л МБК

Рисунок 3.10 – Криві втоми та корозійної втоми сталі 45Х

З рис. 3.10, порівнюючи криві 1 і 2 з урахуванням кількості циклів, можна визначити сумарну втрату циклічної міцності зразка (95 МПа).

Зіставляючи криві 1, 2 і 3, визначаємо втрату циклічної міцності зразка внаслідок суто корозійних (58 МПа) та корозійно-механічних уражень (37 МПа).

Зіставлення кривих 2 і 3 дає підставу зробити висновок, що ПБА знижує агресивність руйнівних факторів і підвищує циклічну міцність зразка.

Таку властивість ПБА можна пояснити тим, що він впливає на зменшення дії мікроелементів та специфічних пар Еванса, з діяльністю яких пов'язують корозійно-механічні ураження.

Корозійно-втомні випробування показали, що ПБА, зменшуючи дію руйнівних факторів на циклічну міцність, сприяє збільшенню коефіцієнта запасу циклічної міцності металу в досліджуваному середовищі і є найбільш ефективною добавкою до СМЗ, що використовується для миття деталей, які вдруге використовуються при ремонті вузлів та агрегатів автомобілів та іншої мобільної техніки.

РОЗДІЛ 4. ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перевірка розчину розробленого складу для миття деталей здійснювалася за умов ТОВ «Світанок» Київської області під час ремонту двигунів ЗМЗ-40911.10 автомобілів УАЗ-3303.

Як зазначалося вище, з усіх операцій технологічного процесу ремонту двигунів найбільш важливою є операція миття та очищення деталей, яку виконували в мийній машині АМ1000 АК (рис. 4.1) із застосуванням 7% розчину «Темп-100» без добавки та з добавкою. Базовим варіантом при порівняльних випробуваннях прийнято 7%-й розчин «Темп-100» без добавки.



Рисунок 4.1 – Мийна машина АМ1000 АК

Автоматична установка для промивання АМ1000 АК призначена для проведення високоякісного миття різних деталей автотракторної техніки та інструменту від забруднень нафтохімічними речовинами.

Струменева технологія миття, невелика витрата води та багаторазове використання миючого засобу забезпечують економне використання

ресурсів для проведення процедури очищення. Якість використовуваних деталей гарантує тривалу роботу установки, а також оптимальні показники використання витратних матеріалів та екологічну безпеку.

Є мийною камерою із замкнутим контуром. Температура та тривалість циклу обробки задається на панелі керування. АМ1000 забезпечує підігрів розчину до 100°C. У процесі миття в мийній машині розчин обмиває поверхні деталей розібраних вузлів і агрегатів машин, покладених на стіл, що обертається (кошик), від забруднень методом струминного впливу. Обертання кошика забезпечує необхідне позиціонування деталей перед колекторами. П-подібна форма рамп дозволяє промивати вироби зверху, знизу та збоку протягом заданого часу.

Порядок обліку підконтрольних автомобілів був аналогічним порядку, описаному в [4].

Автомобіль УАЗ-3303 (рис. 4.2) – малотоннажний вантажний автомобіль з колісною формулою 4×4, штатна вантажопідйомність – 1,225 т.



Рисунок 4.2 – Автомобіль УАЗ-3303

Здебільшого знаходять своє застосування в умовах бездоріжжя. Це їхня «стихія», де за прохідністю сучасні вантажівки не можуть з ними зрівнятися. Технічні характеристики сучасного УАЗ-3303 у цифрах: довжина – 4,535 м, ширина кузова – 1,974 м, ширина кабіни – 1,990 м, висота – 2,355 м, колісна база – 2,550 м, маса спорядженого автомобіля – 1,8 т, дорожній просвіт – 205 мм, глибина броду, що долається – 500 мм, кут

з'їзду – 27 градусів, кут в'їзду – 30 градусів, допустима маса причепа – 850 кг, ємність паливного бака – 56 л (або 56 л + 30 л).

Сучасні модифікації УАЗ-3303:

– УАЗ-330364 – модифікація зі збільшеною до 2,550 м колісною базою, металевою або дерев'яною вантажною платформою;

– УАЗ-330394 – вантажний автомобіль з двомісною кабіною та дерев'яною платформою.

У різні роки випускалися із різними двигунами. З 1985 по 1989 роки випускалася модифікація УАЗ-3303-01 з двигуном УМЗ-414 потужністю від 77 до 90 кінських сил.

Наприкінці вісімдесятих років конструкція вантажівки була змінена з метою поліпшення її технічних характеристик. У тому числі й силовий агрегат був замінений на більш сучасний та потужний аналог УМЗ-417.

Нині автомобілі УАЗ-3303 комплектуються двигунами ЗМЗ-40911.10 (рис. 4.3).

ЗМЗ-40911.10 – інжекторний бензиновий двигун, який відповідає вимогам стандарту Євро-5. Його робочий об'єм дорівнює 2693 л; максимальна потужність складає 82,5 кВт, або 112,2 л. Максимальний крутний момент при 2500 об/хв – 198 Н·м. Витрата палива за швидкості 60 км/год – 9,6 л на 100 км шляху; за швидкості 80 км/год – 12,4 л/100 км, ступінь стиснення – 9,1.

Цей двигун відрізняється незмінно впевненим запуском при низьких температурах повітря, швидким прогріванням, невибагливістю до якості палива, ємністю (оптимальним поєднанням крутного моменту і потужності), працює на бензині.

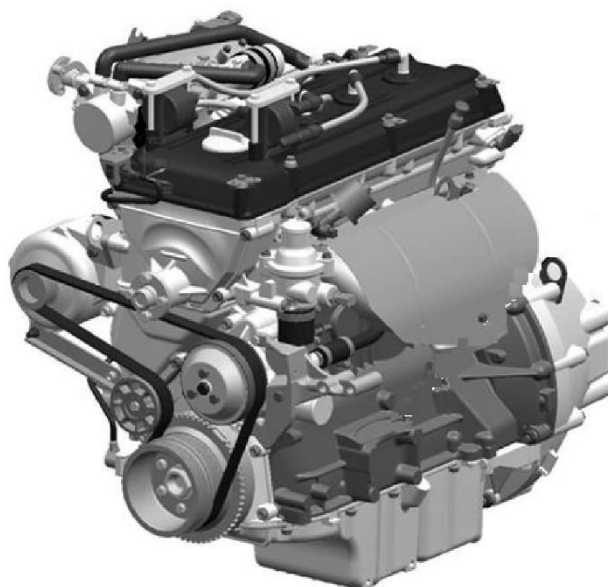


Рисунок 4.3 – Двигун ЗМЗ-40911.10

Періодичність обслуговувань ТО-1 та ТО-2 встановлюється залежно від категорії умов експлуатації автомобіля – відповідно до ДСТУ-21624-81.

Випробовували дві групи по 10 автомобілів, у яких деталі двигунів мили у різних варіантах розчинів, наведених у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Варіанти виробничих випробувань

Варіант	Найменування мийного розчину
№1	7% розчин «Темп-100»
№2	7% розчин «Темп-100» + ПБА концентрацією 5 г/л

За результатами експериментальних досліджень (табл. 4.2 та табл. 4.3) можна зробити висновок, що миття деталей у розчині №2 дає кращі результати.

Отже, розчин №2 є ефективним миючим розчином, і його можна рекомендувати для застосування в умовах виробництва.

Таблиця 4.2 – Міжремонтний наробіток двигунів ЗМЗ-40911.10 при використанні розчину №1

№	Марка автомобіля	Рік випуску	Марка двигуна	Наробіток двигуна, км
1	УАЗ-3303	2015	ЗМЗ-40911.10	175,3
2	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	157,8
3	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	178,2
4	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	162,5
5	УАЗ-3303	2013	ЗМЗ-40911.10	181,3
6	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	169,6
7	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	175,2
8	УАЗ-3303	2013	ЗМЗ-40911.10	164,9
9	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	182,4
10	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	167,5

Таблиця 4.3 – Міжремонтний наробіток двигунів ЗМЗ-40911.10 при використанні розчину №2

№	Марка автомобіля	Рік випуску	Марка двигуна	Наробіток двигуна, км
1	УАЗ-3303	2015	ЗМЗ-40911.10	191,5
2	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	187,4
3	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	197,2
4	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	205,4
5	УАЗ-3303	2013	ЗМЗ-40911.10	178,5
6	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	188,1
7	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	180,7
8	УАЗ-3303	2013	ЗМЗ-40911.10	197,7
9	УАЗ-3303	2012	ЗМЗ-40911.10	202,3
10	УАЗ-3303	2014	ЗМЗ-40911.10	210,2

ВИСНОВКИ

1. Визначено резерви збільшення ресурсу агрегатів автомобілів у процесі їх ремонту за рахунок удосконалення процесу миття деталей, що базується на комплексному підході до його досліджень при одночасному покращенні ступеня очищення та корозійної стійкості вимитих деталей.

2. Підвищено ступінь очищення та корозійну стійкість вимитих деталей за рахунок додаткової активізації властивостей миючого розчину введенням до його складу пентаборату амонію.

3. Експериментально доведено, що ступінь очищення деталей має поліноміальну залежність від концентрації ПБА та описується рівнянням 2-го ступеня. Встановлено раціональну концентрацію ПБА 5 г/л у розчині, при якій ступінь очищення досягає максимуму 97,28%.

4. Отримано рівняння залежності ступеня очищення виробів від співвідношення концентрацій «Темп-100» та ПБА у миючому розчині.

5. Пропонований склад миючого розчину випробовували в умовах виробництва ТОВ «Світанок» Київської області при ремонті двигунів ЗМЗ-40911.10 підконтрольних автомобілів УАЗ-3303. При митті деталей у розчині пропонованого складу наробіток двигунів між двома ремонтами становив 193,9 тис. км проти 171,5 тис. км під час миття деталей базовим розчином.