

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Дячук Владислав Сергійович**

**УДК 631.3.03**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Підвищення ефективності технологічного процесу  
миття при ремонті автомобілів в машинно-  
ремонтних майстернях підприємств АПК**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр  
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання  
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Дячук В.С.

**Керівник роботи**

**Міненко С.В.**

кандидат технічних наук, доцент

**Житомир – 2023**

## АНОТАЦІЯ

**Дячук Владислав Сергійович. Підвищення ефективності технологічного процесу миття при ремонті автомобілів в машинно-ремонтних майстернях підприємств АПК. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В магістерській роботі вирішено наукову проблему, що має важливе значення для ремонтного виробництва агропромислового комплексу України – підвищення ефективності технологічного процесу миття вузлів, агрегатів і деталей автомобілів під час її ремонту за рахунок удосконалення технологічного процесу миття. Виконано нові технологічні розробки, обґрунтовано їхні параметри (тривалість процесу, температуру мийного розчину та його складу за наявності синтетичних миючих засобів, добавок та їхньої концентрації).

Встановлено, що залежність ступеня очищення зразків від тривалості миття має лінійний характер, а від температури мийного розчину апроксимується поліномом 3-го ступеня. Виходячи з того, що під час ремонту не потрібне 100%-ве очищення поверхонь вузлів, агрегатів і деталей, оптимальні тривалість миття та температуру мийного розчину визначено з умови 80%-го очищення і для 3%-го водного розчину Лабомиду-203 вони становили 4,5...5 хв і 80...90°C.

Отримані залежності ступеня очищення від концентрацій синтетичних миючих засобів і добавок дають змогу під час розроблення технологічних процесів миття обґрунтовано вибрати склад мийного розчину залежно від необхідного ступеня очищення виробів від забруднень.

*Ключові слова: очищення, мийний розчин, концентрація, забруднення, ремонт.*

## ANNOTATION

**Dyachuk Vladyslav Sergiyovych. Increasing the efficiency of the technological process of washing during car repair in machine repair shops of agricultural enterprises.** – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 Agricultural Engineering.  
– Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

The master's thesis solves a scientific problem that is important for the repair production of the agro-industrial complex of Ukraine - increasing the efficiency of the technological process of washing components, assemblies and parts of cars during its repair by improving the technological process of washing. New technological developments have been carried out, their parameters (process duration, temperature of the washing solution and its composition in terms of the presence of synthetic detergents, additives and their concentration) have been substantiated.

It has been established that the dependence of the degree of sample cleaning on the duration of washing is linear, and on the temperature of the washing solution is approximated by a polynomial of the 3rd degree. Based on the fact that 100% cleaning of the surfaces of components, assemblies, and parts is not required during repair, the optimal washing time and temperature of the washing solution were determined from the condition of 80% cleaning and for a 3% aqueous solution of Лабомид-203 they were 4.5...5 min and 80...90°C.

The obtained dependences of the degree of cleaning on the concentrations of synthetic detergents and additives make it possible to reasonably select the composition of the washing solution during the development of technological processes of washing, depending on the required degree of cleaning of products from contaminants.

*Keywords: cleaning, cleaning solution, concentration, contamination, repair.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
РОЗДІЛ 2. БУДОВА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕНОЇ МИЙНОЇ УСТАНОВКИ .....	32
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	38
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Для підтримання мобільної техніки в працездатному стані та відновлення її технічних характеристик, запобігання прогресуючому зносу сполучень проводять ремонт - комплекс технічних операцій та організаційних дій із відновлення справного або працездатного стану та відновлення ресурсу мобільної техніки або її складових частин [3].

Технологічні процеси ремонту машин передбачають зовнішнє миття знятих агрегатів і миття окремих деталей після розбирання з використанням синтетичних мийних засобів (СМЗ). Миття та очищення забруднених поверхонь агрегатів, вузлів і деталей є однією з найбільш непривабливих частин технологічних процесів ремонту.

СМЗ, що випускаються промисловістю і використовуються нині в ремонтному виробництві на сільськогосподарських і транспортних підприємствах, мають низькі мийні та антикорозійні властивості, а також негативно впливають на здоров'я працівників і навколишнє середовище, тому що у своєму складі вони містять токсичні речовини, наприклад, хромати, які додають для поліпшення їхніх інгібіторних властивостей [1].

Неефективний технологічний процес миття знижує якість ремонту, ресурс відремонтованих машин та їхніх агрегатів на 20-50%, продуктивність праці - до 8% [2], спричиняє невиправдані трудові та матеріальні витрати й негативно впливає на здоров'я працівників, навколишнє середовище.

У зв'язку з цим удосконалення технологічного процесу миття та підвищення його ефективності є актуальною і значущою науково-технічною проблемою, що має важливе значення для сільського господарства та економіки країни.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес миття під час ремонту вузлів і агрегатів мобільної техніки.

**Предмет дослідження** – параметри технологічного процесу миття деталей вузлів і агрегатів мобільної техніки (тривалість процесу, температура мийного розчину та його склад за наявності СМЗ, добавок та їхніх концентрацій) у зв'язку з характеристиками та властивостями поверхонь деталей та їхніх забруднень, ефективністю СМЗ і добавок до них.

**Метою** роботи є підвищення ефективності технологічного процесу мийки під час ремонту автомобілів у сільському господарстві.

У зв'язку з поставленою метою в цій роботі вирішувалися такі науково-практичні завдання:

- виявити резерви підвищення ефективності технологічного процесу мийки для зниження матеріальних і трудових витрат під час ремонту автомобілів;

- сформулювати концепцію оптимізації технологічного процесу миття, обґрунтувати параметри оптимізації, виявити фактори, що впливають на них, і розробити методи оптимізації;

- провести експериментальні дослідження з виявлення залежностей параметрів оптимізації технологічного процесу миття від чинників, що на них впливають, установити закономірності зміни мийних і антикорозійних властивостей СМЗ і спеціальних добавок у розчині.

**Методи наукового дослідження.** Дослідження проводилися на основі застосування методів фізико-хімічного, кореляційного та регресійного аналізу, математичного моделювання, теорії планування експериментів, теорії ймовірностей і математичної статистики.

У лабораторних і виробничих умовах дослідження проводилися за приватними розробленими методиками, в основу яких покладено нормативно-технічні документи. Мийну здатність розчинів СМС, зміну втомної міцності сталі визначали на оригінальних лабораторних установках. Корозійні втрати зразків металу, мийні властивості та змочуваність складів досліджували гравіметричним, електрохімічним і потенціодинамічним методами в розчині

хлористого натрію і розчинах СМЗ без та з додаванням сполук бору як інгібіторів корозії та активаторів мийних властивостей розчинів.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Дячук В.С. Вплив умов експлуатації на роботу вузлів і агрегатів мобільної техніки. *Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*, 5 квітня 2023 року. Житомир: Житомирський агротехнічний фаховий коледж, 2023. С. 182-183.

2. Міненко С. В., Дячук В. С. Будова і методика дослідження вдосконаленої мийної установки. *Збірник тез доповідей XXIV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки"* (17–19 жовтня 2023 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2023.С. 303-305.

3. Міненко С. В., Дячук В. С. Класифікація забруднень сільськогосподарських машин. *Студентські читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 25 жовтня 2023 р.* Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 86-88.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес для виробництва представляє розроблені методи підвищення ефективності технологічного процесу миття під час ремонту.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 47 сторінок комп'ютерного тексту, містить 5 рисунків і 6 таблиць.

## РОЗДІЛ 1

### СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 1.1 Вплив умов експлуатації на роботу вузлів і агрегатів мобільної техніки [1].

Будь-який виріб незалежно від місця та умов його використання або зберігання постійно схильний до забруднень. Причиною цього насамперед є навколишнє середовище .

Мобільна техніка експлуатується в умовах відкритої атмосфери, піддаючись впливу змінної температури, яка протягом року в середній смузі Росії коливається від мінус 45°C взимку до плюс 45°C влітку (максимальний перепад температури становить до 90°C). На поверхнях виробів постійно присутня плівка вологи, адсорбованої з повітря, якої легко розчиняються різні гази, зокрема й кисень. Вона є окислювачем у процесах корозії металевих виробів [1].

Мобільна техніка, що експлуатується переважно на порівняно сухих дорогах, шосе та автомагістралях, схильна до впливу дорожніх забруднень у вигляді пилу, частинок смол, асфальту, бітуму тощо. Найбільший вміст пилу в повітрі спостерігається під час руху мобільної техніки путівцями та узбіччям проїжджої частини автомобільних доріг. Мобільна техніка, що експлуатується в умовах сільського господарства, здебільшого піддається впливу пилу і бруду.

Вміст пилу в повітрі залежить від фізико-хімічних властивостей ґрунту, від температури і вологості повітря, інтенсивності руху машин і деяких інших чинників [1].

За несприятливих умов вміст пилу на рівні 0,75...1,0 м від поверхні ґрунту може сягати 0,4-0,45 г/м<sup>3</sup>, під час руху гусеничних машин ґрунтовою дорогою вміст пилу сягає 6 г/м<sup>3</sup>. Оцінку запиленості повітря проводять за вмістом гранульованого складу пилу, що вимірюється в мікронах [1].



Гранульований склад пилу (за розмірами) переважно перебуває в межах від 20 до 50 мкм. Пил утворюється з частинок ґрунту переважно видуванням вітру. У процесі роботи машин пил, окрім осадження на зовнішні поверхні агрегатів, проникає і у внутрішні порожнини, де змішується з мастилом і забруднює його, сприяючи стиранню частин, що труться. Наприклад, між запиленістю повітря, що засмоктується в ДВЗ, і зносом деталей ЦПГ існує пряма залежність. З практики експлуатації та випробування машин відомо, що ДВЗ з несправним очисником повітря через кілька годин роботи втрачає компресію і виходить з ладу через аварійне зношування поршневих кілець і поверхні циліндра [1].

Такої ж шкоди завдає залишковий бруд, не видалений з картера ДВЗ під час чергових ТО або ремонту. Якщо заміну оливи проводити без промивання системи змащення, то знову залита свіжа олива сильно забруднюється на самому початку роботи. У зв'язку з цим велике значення має контроль якості масла. Його проводять за допомогою мастиломірною стрижня або методом крапельної проби [1].

У першому випадку добре витертий стрижень опускають у картер ДВЗ, потім його виймають і за прозорістю оливи, що залишилася на ньому, оцінюють її якість. Що більше мастило забруднене, то гірше проглядаються мітки і ризики, нанесені на стрижні. Якщо крізь масляну плівку не видно міток і рисок на кінці стрижня, то це свідчить про засмічення фільтрувальних елементів.

У сучасних ДВЗ застосовують різні конструкції масляних фільтрів, процес забруднення яких має свої особливості [1].

Стрічково-щілинні фільтрувальні елементи забиваються брудом, який у суміші з продуктами окиснення оливи заповнює щілини та гофровані канавки каркаса. Під дією високої температури мастила, що циркулює в системі, ці відкладення тверднуть, знижуючи пропускну здатність фільтра [1].

У мобільній техніці застосовуються переважно чотиритактні ДВЗ. Зазвичай у карбюраторних ДВЗ всмоктується горюча суміш у вигляді повітряно-

бензинового складу, а в дизелях – повітря. Для очищення повітря, що всмоктується для утворення робочої суміші, передбачено повітроочисник, але він не може забезпечити повне очищення повітря. Частинки забруднень через зазори між кільцями поршнів і стінок гільз із відпрацьованими газами потрапляють у картер ДВЗ і засмічують картерне мастило [1].

У процесі роботи відцентрового фільтра ємність ротора заповнюється осадом, що призводить до зменшення коефіцієнта очищення масла в системі. За значного заповнення ємності ротора осадом коефіцієнт очищення оливи знижується вдвічі, і подальше використання центрифуги без видалення забруднень недоцільне.

Особливо чутлива до забруднень паливна апаратура. Як показали спостереження, близько половини всіх несправностей системи живлення ДВЗ мобільної техніки відбувається через забруднення палива переважно дрібнодисперсними частинками. Паливні насоси і форсунки працюють нормально лише в тому разі, якщо механічні домішки в дизельному паливі не перевищують величину зазору в сполученні прецизійних деталей, інакше робочі поверхні сполучених деталей зношуються дуже швидко. Слід зазначити, що нормальний зазор у плунжерних парах дорівнює 1,5-2,5 мкм. Звідси зрозуміло, яким має бути ступінь очищення дизельного палива від присутності в ньому механічних частинок і води. Під впливом води, що потрапляє в плунжерну пару разом із паливом, плунжерна пара заклинює, тому що в ній починаються процеси корозії й утворюються продукти корозії. Для визначення впливу твердих механічних частинок на зношування плунжерної пари в дизельне паливо внесли абразивний пил концентрацією 150 г на 1 т пального, який постійно перемішували, що забезпечувало рівномірний розподіл пилу по всьому об'єму пального. Після 15 год роботи паливного насоса нові плунжерні пари були непридатні для подальшої роботи через підвищений знос [1].

Якщо не дотримуватися правил зберігання, транспортування і заправки, концентрація механічних забруднень у паливі в баку мобільної техніки може

сягнути до 300 г на 1 т пального, це за норми не більше 50 г на 1 т пального. Тим часом навіть найдрібніші частинки розмірами 0,001-0,002 мм у поперечнику, потрапляючи в дизельне пальне, у кілька разів прискорюють зношування. Звичайні фільтри не можуть затримати частинки такого розміру. Для осадження їх рекомендується відстоювати дизельне паливо протягом 48-96 год [1].

При в'їзді та виїзді з дільниці технічного обслуговування і ремонту доводиться запускати ДВЗ транспортних засобів, що обслуговуються. При цьому атмосфера виробничого приміщення забруднюється відпрацьованими газами ДВЗ, що містять шкідливі речовини [1].

Концентрація шкідливих речовин у відпрацьованих газах залежить від режиму роботи ДВЗ: ступеня нагріву, точності регулювання систем ДВЗ, частоти обертання колінчастого вала, ступеня зносу елементів ЦПГ тощо. Слід зазначити, що зазначені шкідливі речовини у відпрацьованих газах ДВЗ взаємодіють з атмосферною вологою, спричиняючи згодом виникнення макрогальванокорозії [1].

За аналізом апріорної інформації, а також результатів наших досліджень можна стверджувати, що повністю виключити негативний вплив довкілля на роботу основних вузлів і систем мобільної техніки, а саме таких шкідливих домішок, як наведені в таблиці 1.3, неможливо. Шкідливі речовини, що містяться в атмосфері та у відпрацьованих газах ДВЗ, взаємодіють з атмосферною вологою, спричиняючи макрогальванокорозію і, як наслідок, зниження ресурсу мобільної техніки, її агрегатів і систем. Для оцінки негативного впливу шкідливих речовин, що призводить до корозії металу, слід вивчити і проаналізувати їхню дію залежно від вологості повітря та інших умов.

## **1.2. Класифікація забруднень сільськогосподарських машин [3].**

Аналізуючи літературні джерела, можна зазначити, що зустрічаються різні підходи до класифікації забруднень. С.П. Беренсон класифікує забруднення за

їхнім хімічним складом і за характером процесів, що відбуваються в забрудненні [3].

За хімічним складом забруднення поділяють на органічні, неорганічні та змішані. До органічних забруднень належать мастила, нагари, плівки лакофарбових матеріалів тощо. Неорганічні забруднення являють собою пил, вологу, продукти корозії деталей. Змішані забруднення можуть утворитися за наявності на поверхні деталі зазначених вище речовин, а також притиральних паст, полірувальних складів тощо.

За другою ознакою забруднення поділяють на такі групи [3]:

- забруднення, відкладення яких не супроводжуються хімічними перетвореннями самих забруднень. До них належать усі перелічені вище забруднення, за винятком нагарів, ЛФМ і продуктів корозії;

- забруднення, відкладення яких супроводжується їхніми хімічними перетвореннями. До них належать нагари, лакові відкладення, продукти корозії деталей і лакофарбові матеріали.

Запропоновану професором К.К. Папок класифікацію переважно можна використовувати під час аналізу забруднень ДВЗ. При цьому всі відкладення на поверхнях деталей ДВЗ поділяються на опади, лакові відкладення і нагари.

Опади – це мазеподібні згустки, що відкладаються на стінках картера ДВЗ, у клапанній коробці, на шатунних шийках колінчастого вала, на стінках масляних баків та мастилопроводах, на фільтрах і сітках маслоприймачів [3].

Опади складаються із залишків фізико-хімічного перетворення палива і масла, а також механічних домішок у вигляді пилу і продуктів зносу деталей машин. Опади в ДВЗ часто називають смолистими відкладеннями. Вони можуть забруднювати свіже мастило, що заливається в картер ДВЗ під час заміни оливи.

Лакові відкладення утворюються на металевих поверхнях, що піддаються впливу порівняно невисоких температур (80-150°C) [3].

Товщина їх становить десяти і соті частки міліметра, але вони міцні і сприяють пригорянню поршневих кілець, що призводить до перегріву ДВЗ, підвищеної витрати картерного мастила [3].

Нагаром називають тверді вуглецеві речовини, що утворюються на деталях, підданих впливу високих температур (понад 150°C), які відкладаються на днищі поршня, компресійних кільцях, на поверхні камери згоряння, на клапанах, у випускних колекторах, на іскрових запальних свічках і розпилювачах форсунок. Утворення нагару починається з відкладення на металевій поверхні тонкого лакового шару, який виконує роль сполучного середовища між нагаром і деталлю. Нагар, що відкладається на деталях у вигляді тонкого шару завтовшки в кілька міліметрів, призводить до скорочення терміну служби ДВЗ і збільшення експлуатаційних витрат, оскільки він має високі теплоізоляційні властивості і майже таку саму низьку теплопровідність, як азбест (0,2...0,3 ккал/год·м<sup>2</sup>) [3].

Шкідлива дія нагару має найрізноманітніші прояви, так, у ДВЗ з іскровим запалюванням він є причиною [3]:

- перегріву головок циліндрів і поршнів унаслідок низької теплопровідності нагару (у 50-100 разів меншої, ніж у металів);
- підвищення вимог до антидетонаційних властивостей пального (погіршення тепловіддачі сприяє виникненню детонації, і вимоги до пального підвищують на 8-12 октанових одиниць);
- погіршення процесу згоряння пального (розпечені частки нагару спричиняють передчасне займання);
- зниження потужності ДВЗ внаслідок зменшення коефіцієнта наповнення циліндра;
- порушення роботи системи газорозподілу, бо відкладення нагару спричиняють передчасне загоряння. оскільки відкладення нагару на сідлах і фасках клапанів перешкоджають їхньому нормальному закриванню;

- порушення роботи іскрових запалювальних свічок внаслідок замикання електродів нагаром;
- підвищене зношення тертьових сполучень унаслідок абразивної дії часток нагару;
- інтенсифікацію процесу утворення різних осадів унаслідок проникнення часток нагару з камери згоряння в оливний картер.

У дизельних ДВЗ несправності, спричинені нагаром, ті самі, що й у бензинових ДВЗ, різниця лише в тому, що погіршення процесу згоряння палива спричиняється порушенням нормального розпилювання палива під час відкладення нагару на форсунках.

У двотактних дизельних ДВЗ утворення нагару на продувних і випускних вікнах призводить до інтенсивного зносу деталей циліндропоршневої групи, погіршення повноти продувки і зниження потужності [3].

Накип являє собою тверді відкладення, що утворюються під час випадання солей із жорсткої води. Він майже не розчиняється у воді і настільки міцно пристає до внутрішніх поверхонь системи охолодження, що для його видалення необхідно застосовувати спеціальні засоби. За інших рівних умов швидкість утворення шару накипу залежить від температури теплообмінних поверхонь.

Як показали дослідження, температура стінок не тільки окремих циліндрів блока, а й кожного циліндра по колу значно коливається, звідки випливає, що на внутрішніх поверхнях деталей системи охолодження створюються неоднакові термічні умови для процесу утворення накипу. Внаслідок цього товщина відкладень накипу неоднакова, а відтак виникають термічні напруження та тріщини, бо коефіцієнт теплопровідності накипу у 20-30 разів менший, ніж у металів, що призводить до погіршення теплообміну в радіаторі і ДВЗ перегрівається [3].

Аналогічно розглядаючи інші вузли транспортного засобу, слід зауважити, що забруднення будуть накопичуватися не тільки в ДВЗ, а й в інших вузлах, наприклад, у коробці передач, ходовій частині тощо [3].

Крім розглянутих класифікаційних ознак під час аналізу технологічних забруднень дослідники виокремлюють й інші ознаки: масляні та паливно-брудні відкладення на поверхні виробів; лакові (коксові) відкладення (переважно в ЦПП); нагар; забруднення в системі охолодження; відкладення на внутрішніх поверхнях редукторів, мостів, роздавальних коробок тощо; у паливних баках і ресиверах тощо [3].

Масляні та паливно-грязьові відкладення утворюються на зовнішніх поверхнях виробів, а також на внутрішніх поверхнях картерів, редукторів, і в різних ємностях машин. На зовнішніх поверхнях джерелом таких забруднень є патьоки рідини з нещільних з'єднань трубопроводів, шлангів, у разі підвищеної вентиляції картера ДВЗ, порушення герметичності або сильного забруднення фільтрів. На патьоку осідає пил, відпрацьовані вихлопні гази з утворенням складних за хімічним складом забруднень. Їхній шар навіть за невеликої товщини порушує тепловий режим вузла, оскільки плівка забруднень має підвищений опір тепловіддачі. Вони за своїми фізичними і температурними властивостями перевищують властивості азбесту [3].

Забруднення від мастильних матеріалів у вигляді мазутоподібних осадів і відкладень осідають на внутрішніх стінках ДВЗ, масляних каналів колінчастого вала, мастилопроводів, у комірках сітки маслоприймача тощо. Відкладення можуть закупорити або зменшити пропускну здатність масляних каналів, мастилопроводів, що призведе до підвищеного зносу поверхонь, що труться, задирок, зрештою - до виходу вузла або агрегату з ладу [3].

Для запобігання забрудненню внутрішніх поверхонь і зменшення тертя в тертьових сполученнях під час проведення періодичного ТО проводять заміну мастил і мастил, а під час виконання поточного або капітального ремонту здійснюють мийку та чищення поверхонь вузлів і агрегатів [3].

Необхідно знати, що паливо для ДВЗ схильне до утворення відкладень через наявність у ньому смолистих речовин, може легко окислюватися під час зберігання. Наприклад, бензин може утворити смоли під час зберігання, якщо в

ємність зберігання потрапляє вільний кисень із повітря. Утворення відкладень залежить від здатності пального зберігати свої хімічні та фізичні властивості під час зміни температури, атмосферного тиску, під час контакту з металом, киснем повітря та іншими. Так, автомобільний бензин термічного крекінгу спочатку безбарвний, за тривалого зберігання жовтіє, з нього поступово починають виділятися нерозчинні смоли, які частково осідають на внутрішні стінки трубопроводів і деталей ДВЗ. Особливо чутлива до забруднень паливна апаратура. Близько половини всіх несправностей системи живлення мобільної техніки припадає на забруднене паливо [3].

### **1.3 Способи очищення та миття поверхонь агрегатів, вузлів і деталей у процесі ремонту**

Необхідність виконання очищення та миття агрегатів, вузлів і деталей перед їхнім ремонтом підтверджено в низці робіт [1]. Воно здебільшого полягає у видаленні забруднень зішкрібанням з використанням ручного і механізованого інструменту та впливом струменя [2]. До цього способу умовно віднесено очищення в галтувальних барабанах і вібруючих контейнерах.

Очищення забруднень зішкрібанням за методом виконання робіт можна розділити на: ручне очищення; механізоване очищення.

Ручне очищення виконується за допомогою різних скребоків, металевих щіток або механізованого інструменту. Такий спосіб застосовують для очищення деталей, де неможливе застосування обладнання.

Наприклад, для очищення канавок для поршневих кілець, форсунок паливної апаратури тощо.

Можливість застосування механізованого інструменту для очищення поверхонь визначається формою і складністю конфігурації деталей. Для цих цілей часто застосовують електричний дріль зі щітковою насадкою, барабани, що обертаються, з абразивними матеріалами, всередину яких поміщають деталі, що очищаються, невеликих розмірів тощо. [2]. Барабани можуть мати



вертикальну або горизонтальну вісь обертання, зі зміщенням або без зміщення осі, з вібраційним або без вібраційного механізму.

До способів видалення забруднень впливом струменя відносяться водоструминне (гідродинамічне), гідроабразивне, піскоструминне очищення та очищення кісточковою крихтою.

Водоструминне очищення застосовують для видалення із зовнішніх поверхонь деталей бруду і маслянисто-брудних відкладень за умови вмісту в них не більше ніж 35% масла.

Гідроабразивний спосіб миття, на відміну від гідродинамічного, характеризується присутністю в мийній рідині абразивних частинок, які в струмені мийної рідини або під напором стисненого повітря викидаються на поверхню, що омивається, з високою швидкістю, підвищуючи якість і ефективність миття. Одним із недоліків цього способу є ймовірність ушкодження поверхні, що обмивається, і збільшення витрати електроенергії, пов'язане з подачею абразивних частинок.

Піскоструминна обробка - холодна абразивна обробка поверхні металевих виробів шляхом її оброблення піском або іншим абразивним порошком, що розпилюється потоком повітря, а в разі гідроабразивного оброблення - струменем води або іншої рідини [2].

Метод обдування поверхні кісточковою крихтою (очищення кісточковою крихтою) виконується за допомогою апаратів піскоструминного типу для видалення з поверхонь деталей міцних забруднень (нагару, накипу і лакових відкладень). Частинки крихти подаються на поверхню, що очищається, за допомогою струменя стисненого повітря зі швидкістю 30-50 м/с. При цьому вони сприяють руйнуванню когезійних і адгезійних взаємодій забруднень і видаленню їх. Під впливом частинок крихти поверхня, що очищається, не порушується. Частинки крихти, що залишилися на поверхні деталей, не завдають шкоди роботі агрегатів, оскільки вони легко подрібнюються і видаляються.

За своїми розмірами частинки кісточкової крихти бувають трьох видів - великі, середні та дрібні. Великі частинки частіше використовуються для видалення міцних забруднень (нагару, накипу), середні та дрібні - для очищення поверхні від інших видів забруднень. Для нормальної роботи установки та попередження дроблення необхідно підтримувати оптимальну вологість крихти в межах 15...20%.

На очищення кісточковою крихтою деталі повинні надходити попередньо очищеними і сухими. Це сприяє підтримці нормальної вологості та сипучості крихти. З метою запобігання забивання частинками крихти всі технологічні отвори деталей під час обробки крихтою повинні бути заглушені [3].

Установки для очищення кісточковою крихтою оснащуються системою витяжної вентиляції, яка включає фільтри (циклони або горизонтальні пиловловлювачі) для очищення повітря перед виходом його в атмосферу. Її продуктивність має бути не менше 3000 м<sup>3</sup>/год.

Незалежно від принципу роботи очисного пристрою розглянутий технологічний процес очищення зводиться до відриву частинок забруднень шляхом впливу сили, яка створюється різними способами.

Ефективність очищення в основному залежить від сили удару струменя.

У ремонтному виробництві сільськогосподарських і транспортних підприємств можуть використовуватися різні схеми технологічного процесу миття агрегатів, вузлів і деталей, які визначаються виробничою програмою підприємства, наявністю необхідних виробничих площ, а також мийного обладнання.

Мийка в струменевих мийних установках полягає в тому, що поверхні обмиваних об'єктів піддаються зрошенню великою кількістю мийного розчину під тиском із сопел душового пристрою.

Типи струменевих мийних установок: з висувною платформою; з відкидною кришкою; тунельні; заглибні.

Струменеві мийні установки з висувною платформою розраховані на великогабаритні вузли та агрегати. Можливість великого завантаження забезпечується конструкційними особливостями мийного обладнання.

Мийний розчин подається через форсунки, які розташовані з усіх боків деталі, зокрема знизу і зверху. Крім того, форсунки перебувають у русі, що забезпечує високу якість мийки.

Струменева мийна установка з відкидною кришкою вважається найпростішою з усіх видів струменевих мийних машин. Вона використовується для миття невеликих деталей простої форми. Принцип її дії в тому, що деталь поміщається на роликову підставку, яка обертається навколо своєї осі, а з боків з форсунок подається мийний розчин.

Мийка вузлів, деталей і агрегатів у тунельних струменевих мийних установках відрізняється найвищою продуктивністю. Цей тип мийки являє собою конвеєр, на якому деталь по черзі проходить кожен етап мийки. Особливо затребувані тунельні машини на великих виробництвах штампованих деталей, де виробничий цикл повністю автоматизований.

Занурювальні струменеві мийні установки видаляють бруд із зануреної в мийний розчин деталі. При цьому змивні струмені подаються із занурених у розчин форсунок. Під час миття деталь обертається навколо своєї осі.

Надійність струменевих мийок забезпечується використанням у них відцентрових насосів, які відрізняються від плунжерних моделей довговічністю. Струменеві мийні машини також містять у собі вбудовану систему фільтрації, яка дає змогу забезпечити замкнутий цикл під час миття деталей і вищу економічність.

Переваги струменевої мийної установки: можливість застосування для миття агрегатів і деталей практично будь-якої форми та розмірів; дає змогу знежирювати деталі великих розмірів і габаритів; ідеально підходить для підготовки поверхонь під забарвлення плоских деталей із великою площею; не вимагає розроблення складної технології миття; може бути оснащена

ультразвуковими компонентами; низька вартість знежирення деталей великого розміру і простої форми; миття й сушіння деталей відбувається в одній камері струменевого очищення; працює в повністю автоматизованому циклі.

Недоліки струменевої мийної установки для миття агрегатів і деталей: підходить тільки для знежирення та/або фосфатування поверхонь; на водорозчинних мийних засобах не підходить для миття деталей із кольорових металів та їхніх сплавів; не відмиває нагар і іржу; погано відмиває глухі отвори, а також деталі складної форми через екранування струменів самою деталлю; процес миття деталей займає у 2-3 рази більше часу порівняно з ультразвуковими ваннами; обов'язкове встановлення систем фільтрації мийної рідини, масляновідстійників, масляноз'ємників.

Для очищення вузлів, агрегатів і деталей машин у мийних камерах застосовують два типи установок: малогабаритні струменево-моніторні установки; механізовані мийні машини.

Малогабаритні установки використовують під час миття невеликої партії деталей у невеликих майстернях. Така установка забезпечує тиск струменя 2-10 МПа. У комплекті малогабаритної установки передбачені насос і двигун, змонтовані на рамі, приймальний рукав із фільтром, напірний рукав із пістолетом-гідромонітором, який має змінні насадки для регулювання форми і тиску струменя.

Загальний вигляд однієї з таких установок моделі 196 М наведено на рис. 1.1, а дані з технічної характеристики - у таблиці 1.5. Вона призначена для миття деталей мобільної техніки під час їхнього ремонту в ремонтних майстернях СГПК та автотранспортних підприємствах із невеликим обсягом виробництва.

Установка може застосовуватися для миття деталей під час розконсервації. Як рекомендований мийний розчин може бути розчин каустичної соди температурою до 85°C. В авторемонтних підприємствах мийку деталей, агрегатів і вузлів проводять у двокамерних мийних машинах. Для видалення міцних забруднень (нагару, накипу, смол, старої фарби) проводять додаткове очищення.



Рис. 1.1. Загальний вигляд мийної установки моделі 196 М.

Додаткове очищення пропарюванням проходять картери задніх мостів і барабани з маточинами. Очищені деталі підлягають дефектації та сортуванню.

Послідовне пропускання вузлів і агрегатів у нерозібраному і в розібраному вигляді через установки зовнішнього миття струменевим способом, пропарювання і миття розібраних ДВЗ і КПП методом занурення забезпечує потрібний ступінь очищення вузлів і агрегатів для їх остаточного розбирання.

На ремонтній дільниці передбачено три спеціалізовані лінії для розбиральних і очисно-мийних робіт щодо блоків циліндрів у зборі з картерами зчеплення та гільзами, головок циліндрів і колінчастих валів у зборі з маховиками. Очищення блоків циліндрів від нагару і накипу спочатку проводять у занурювальних установках з вібруючою платформою, потім остаточно очищають в автоматизованій установці з розплавом солей. Масляні канали додатково очищаються за допомогою спеціальної установки, прокачуючи робочу рідину. Аналогічні машини змонтовані і на лінії мийки головок циліндрів. Для зняття накипу головки циліндрів подаються в трисекційну прохідну установку, потім для видалення нагару з впливом кісточкової крихти вони надходять у

напівавтоматичну установку. Лінія для очищення колінчастих валів укомплектована установкою з віброуючою платформою, призначеною для прочищення масляних каналів. Усі деталі, зокрема й базові, з розбирання та спеціалізованих ліній подають на безперервний підвісний конвеєр, з якого проходять остаточне промивання в струменевій машині, після чого деталі висушуються, потім їх транспортують на дефектовку [6].

У ремонтних майстернях для очищення агрегатів, вузлів і деталей струменевим методом використовують мийні машини ОМ-691 (МД-1), ОМ-837 (МД-2), ОМ-837Г, ОМ-947И. Вибір типу мийних установок обумовлюється маркою мобільної техніки, наявної в господарстві, а також наявністю джерела тепла для підігріву мийної рідини. Мийні машини - камерні, прохідного типу; застосовують для очищення деталей, ДВЗ в зборі та інших агрегатів і вузлів, габаритні розміри яких не перевищують: під час очищення в машині ОМ-691 -  $2000 \times 1400 \times 1400 \times 1400$  мм; під час очищення в установках ОМ-837 і ОМ-837Г –  $1400 \times 1400 \times 1100 \times 1100$  мм.

Ці мийні установки за способом нагрівання мийної рідини випускають з вогневим, паровим або електричним підігрівом. За будовою всі мийні установки однакові, мають лише різні розміри мийної камери.

Як мийну рідину рекомендують розчини лугів або СМЗ із концентрацією, г/л: під час зовнішньої та внутрішньої очистки ДВЗ - 20; для деталей із масляними забрудненнями – 15...20; зі смолистими забрудненнями – 20...25 [2].

Температура мийного розчину 75...85°C.

Час внутрішнього очищення ДВЗ – 8...10 хв і зовнішнього – 10...12 хв; одного завантаження деталей – 10...15 хв. Для отримання хорошої якості очищення необхідно через 5-6 хв змінити напрямок обертання столу.

Очищення у ванних установках зі збудженням мийної рідини дає змогу отримувати високу якість очищення. За такого способу очищення поєднуються виварювання і механічний вплив мийної рідини.

Як мийну рідину використовують водні розчини лужних мийних засобів або синтетичних типу МС-5, МС-6, МС-8. Мийні засоби типу МС дають змогу одночасно промивати деталі, виготовлені з чорних, кольорових металів і сплавів. Після очищення промивати деталі в чистій воді не слід.

Мийна машина заглибного типу являє собою ємність, оснащену платформою для підйому й опускання кошиків із деталями в процесі мийки. Цей тип машин може легко об'єднуватися в лінію, якщо потрібно здійснити багатостадійне очищення деталей або агрегатів (знежирення, знежирення з ультразвуком, ополіскування проточною водою, сушіння тощо).

У процесі мийки платформа з деталями переміщається вгору-вниз, забезпечуючи постійне оновлення розчину біля поверхонь деталей, посилюючи знежирувальний ефект. Для вивантаження і завантаження елементів платформа піднімається до верхнього отвору мийної камери. У результаті процес вивантаження, завантаження і переміщення деталей по лінії істотно спрощується.

Установка для навантаження оснащена зливом, штуцерами для під'єднання до мережі водопроводу і для зливання відпрацьованого мийного розчину. Для укладання елементів передбачено укомплектування платформи сітчастим кошиком. Платформа має регульовану довжину і частоту ходу.

У машині прийнятне використання кошиків параметрами 550 550 мм, 1100 550 мм, 2050 550 мм і 2050 700 мм, вантажопідйомність яких – 75, 150, 200, 400 кг. У комплектацію може входити камера для мийки ультразвуком.

Мийка зануренням у ванну об'єктів, що підлягають ремонту, найпростіший спосіб очищення забруднених вузлів і деталей. Цей спосіб мийки ґрунтується на змочуванні та розчиненні забруднень поверхонь виробів.

Для цього використовують органічні розчинники, їх суміші з емульгаторами, лужні розчини і розчини СМЗ.

Для миття вузлів і агрегатів мобільної техніки широко використовують виварювальні ванни зі здійсненням миття методом занурення.

Істотним недоліком виварювальних ванн є слабка циркуляція мийного розчину внаслідок конвекційного руху рідини через різницю температур в об'ємі ванни. Для усунення цього недоліку мийний розчин збуджують різними способами: коливання платформи, лопатеві гідравлічні гвинти, ультразвук, подача пари або стисненого повітря тощо.

Однак подача стисненого повітря сприяє зниженню температури мийного розчину, і в порожнинах складних деталей утворюються бульбашки, що перешкоджають контакту мийного розчину з поверхнею, що очищається.

Використання пари знижує концентрацію ПАР у мийному розчині. У зв'язку з цим для збудження мийного розчину у ванні ефективніше використання насосів і гвинтів.

Найкращий контакт мийного розчину з поверхнею деталі, що обмивається, та оновлення мийного розчину в зоні контакту досягається тоді, коли платформа з покладеною на неї деталлю переміщується в мийному розчині, а саме, здійснює коливальні рухи у вертикальному або горизонтальному напрямках від спеціального приводу. При цьому забезпечується висока ефективність очищення деталей.

Перевагою мийних ванн є те, що в них можна використовувати мийні розчини від найменших до дуже високих концентрацій. У машинах струминного типу через високе піноутворення мийних засобів їхній вміст у розчині обмежується [8].

Занурювальна мийна машина здійснює мийку деталі від забруднень у зануреному або напівзануреному положенні. Видалення забруднень у такій машині може відбуватися або за рахунок руху самої деталі в мийному розчині, або за рахунок підводних струменів, що створюються спеціальними форсунками за допомогою вбудованого в мийку насоса. Занурювальні мийні машини можуть бути двох типів: гідрокінетичні; мийні платформи.

У гідрокінетичних занурювальних машинах деталь або кілька деталей поміщаються в закритий кошик, де на неї з усіх боків впливає мийний розчин.



Крім того, занурена деталь у гідрокінетичній машині може очищатися під впливом ультразвуку (УЗ) і барботажу (чищення повітрям високого тиску, що подається по трубках знизу кошика). Для миття крихких деталей у гідрокінетичних заглибних мийках передбачені спеціальні фіксатори, які не дають змоги деталі переміщатися в кошику. Додатково такі мийки можуть бути обладнані системою сушіння деталі. Процес сушіння може здійснюватися кількома способами: інфрачервоним; вакуумним; потоками гарячого повітря.

Другий тип заглибних мийних машин має дещо інший принцип роботи: деталь у ручному або механічному режимі встановлюють на платформу, яка занурює її в мийний розчин. Процес відмивання деталі також може відбуватися кількома способами: погойдування платформи в мийному розчині; УЗ-чистка; барботаж; вплив на занурену деталь підводних струменів.

Занурювальні мийні машини також можуть мати суттєві відмінності залежно від моделі та виробника. Так, наприклад, італійські машини Novatec мають систему вакуумного сушіння, причому повітря для неї нагрівається під час миття деталі. Така система дала змогу значно підвищити енергоефективність обладнання та збільшити якість миття і сушіння.

А турецька машина KSP має вбудовану систему фільтрації рідини за замкнутим циклом, завдяки якій машина не продукує жодних забруднень.

Мийка поверхні за допомогою УЗ є високоефективним і продуктивним способом мийки [1]. УЗ ванни ефективно відмивають внутрішні поверхні, глухі отвори або різьбові з'єднання, а також ефективно відмивають нагари, іржу, деякі клеї, притиральні змащення (зокрема й на графітовій основі), пасту ГОІ та інше [5].

Мийка в УЗ ваннах проводиться зануренням деталей у водний розчин мийних засобів на основі ПАРів. На відміну від камер струминного очищення, УЗ ванна дає змогу застосовувати водорозчинні мийні засоби з різним рН, від кислотних до сильнолужних. Це дозволяє використовувати УЗ обладнання для

видалення нагару, очищення оксидів, знежирення поверхні металу та інших матеріалів [5].

Метод мийки УЗ заснований на явищі кавітації [7]. Потужні випромінювачі УЗ впливаючи на рідину, створюють області змінного тиску, щільність яких змінюється із заданою генератором УЗ ванни частотою. У вузлах кавітації постійно утворюються і розриваються бульбашки пари, утворюючи ефект мікрровибуху, який зі свого боку впливає на забруднення, посилюючи ефективність мийних засобів у десятки і сотні разів. Що нижча частота, то більший розмір кавітаційних бульбашок і тим вони потужніші.

УЗ обладнання часто використовують для посилення ефекту знежирення поверхні металу та очищення деталей складної форми [3] і в інших мийних машинах. Наприклад, у мийках на розчинниках, а також струменевих заглибних мийних машинах. Воно може бути вмонтовано в уже наявні лінії знежирення деталей, а також для організації попереднього знежирення металу в лініях гальваніки. УЗ відмивання дає змогу провести додаткове очищення деталей і довше зберегти середовище ванни електрохімічного знежирення чистим.

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

Переваги УЗ мийки: справляється з найширшим діапазоном забруднень; висока продуктивність; відмінно справляється з мийкою деталей найскладнішої конфігурації; низький рівень операційного шуму; можливість вбудувати у виробничу лінію; малі габаритні розміри УЗ ванни; можливість оснащення УЗ обладнанням готову мийну ванну; низька вартість мийки деталей невеликого розміру будь-якої форми.

Недоліки УЗ мийки: необхідна допомога експертів для вибору мийного засобу для УЗ ванни і режимів роботи; мийка УЗ за багатоетапною технологією вимагає ручного перенесення кошків або оснащення спеціальними системами;

необхідна система вентиляції над УЗ ваннами мийки деталей; витрата мийних засобів на випаровування.

Мийка деталей з використанням електричного розряду в розчині ґрунтується на електрогідравлічному ефекті. При високовольтному електричному розряді в розчині формується потужна ударна хвиля. Від епіцентру вибуху хвиля поширюється по всьому об'єму рідини. Проходячи через забруднений виріб, хвиля дає імпульс на межі розділу виріб - забруднення, який витрачається на руйнування адгезійно-когезійних зв'язків забруднення. Одночасно утворюється гідродинамічний потік, який змиває забруднення [6]. Ефективність миття залежить від параметрів електричного розряду (частота проходження імпульсів; потужність, вкладена в імпульс; глибина занурення і довжина іскрового розряду), а також властивостей рідини (електропровідність і густина, наявність домішок у рідині, пружність парів), де здійснюється розряд.

Електрогідравлічна мийка ефективніша для миття дрібних деталей (впускні та випускні клапани, розпилювачі форсунок), забруднених нагаром. Ефективність мийки реалізується за кількості енергії близько 170 Дж/імпульс на 1 літр мийного розчину [8].

Як мийний розчин для видалення твердих забруднень можливе використання звичайної водопровідної води з температурою 10-30°C. Підвищення температури до 75-85°C і додавання ПАР (Синтамід-5, ОП-7, ОП-10 та ін.) у воду покращує ефективність видалення масляних забруднень.

Віброабразивне миття ґрунтується на тому, що деталі, які обмиваються, і мийне середовище розміщуються в спеціальному контейнері, який здійснює коливальний рух. Такий самий рух із такою самою частотою здійснюють деталі та мийний розчин усередині контейнера і при цьому переміщуються відповідно до заданої частоти коливань контейнера. Дослідження М.Ф. Тельнова і В.М. Дерепасова підтвердили доцільність використання віброабразивного миття в ремонтному виробництві підприємств агропромислового та автотранспортного комплексів [4].

Віброабразивний спосіб миття дає змогу: підвищити якість очищення поверхні; поліпшити характеристики міцності виробів шляхом зняття залишкових напруг розтягування, що виникають у поверхневому шарі в процесі експлуатації, та відведення залишкових напруг стиснення; підвищити твердість поверхневого шару та рівномірність розподілу твердості по всій товщині деталей.

Під час віброабразивного миття на забруднення спільно впливають механічна енергія взаємодії завантаження і фізико-хімічні властивості мийної композиції. Ефективність віброабразивного миття залежить від параметрів установки (амплітуди і частоти коливань, ступеня завантаження контейнера і співвідношення маси абразиву до маси деталей, які миють, виду і фізико-хімічних властивостей мийних рідин, матеріалу, грануляції, твердості і зернистості абразивного наповнювача) [9].

Дослідженнями доведено, що найбільша ефективність миття деталей досягається за частоти коливань контейнера 2500-2700 хв<sup>-1</sup> з амплітудою 1,5-2 мм. Збільшення амплітуди покращує ефективність миття, але воно спричиняє шаржування поверхонь.

Очищення деталей від стійких забруднень - продуктів корозії, нагару, накипу та інших – може здійснюватися такими способами: хімічним; механічним; термохімічним; комбінованим.

За хімічного способу очищення деталей від нагару використовують розчини з високим вмістом лугу [7]. Сталеві деталі витримують 3...4 год у розчині, що містить 35% кальцинованої соди, 25% каустичної соди, 24% мила і 1,5% рідкого скла за температури розчину 90-95°C. Під впливом такого розчину нагар розм'якшується і легко видаляється механічними інструментами (металева щітка). На завершення процесу очищення деталі можна промити в розчині з низьким вмістом лугу.

Деталі з алюмінієвих сплавів обробляють у розчині без каустичної соди, який містить по 10% кальцинованої соди, мила, рідкого скла та 1% хромпіку.

Більш продуктивним є механічний спосіб видалення нагару твердим очисним середовищем (кісточковою або пластмасовою крихтою, металевим шротом, скляними кульками, гранулами сухого льоду, гідроабразивним струменем тощо). Під час видалення нагару металевим шротом і гідроабразивним струменем на поверхнях деталі можуть утворюватися риски і подряпини, що не завжди допустимо.

Термохімічне видалення нагару проводять у розплаві солей за температури  $400 \pm 20^\circ\text{C}$ , який зазвичай містить 65% гідроокису натрію (їдкого натру), 30% азотнокислого натрію і 5% хлористого натрію. Установка, що застосовується для видалення з поверхонь деталей нагару і накипу в таких розплавах, складається з чотирьох ванн: ванни з розплавом, першої промивної ванни, ванни з кислотним розчином; електротельфера, другої промивної ванни. У першій ванні з лужним розплавом забруднення руйнуються, після цього деталі переміщують у наступну ванну з проточною водою, в якій через різкий перепад температур і рясне пароутворення залишки нагару розпушуються і розчиняються. У третій ванні з кислотним розчином проводиться травлення. У четвертій ванні з гарячою водою деталі остаточно промиваються. Загальна тривалість очищення становить 20-25 хв. Видалення накипу здійснюється лужним розчином за температури  $60-80^\circ\text{C}$ , який прокачують під тиском 0,01-0,02 МПа.

Розпушений шар накипу потім змивають чистою водою. Ефективне руйнування накипу забезпечується 15%-м розчином соляної кислоти за температури розчину до  $60^\circ\text{C}$ . Застосовують також лимонну, оцтову, щавлеву та інші кислоти [5].

Для видалення накипу з поверхонь деталей з алюмінієвих сплавів застосовують розчини молочної та фосфорної кислот [7]. У всіх випадках під час застосування розчинів кислот у технологічному процесі мийки необхідно передбачити нейтралізацію їхніх залишків на деталях і технологічному обладнанні. Для зниження корозійної активності кислот у мийний розчин

вводять інгібітори корозії. Підвищені вимоги висуваються до забезпечення безпечних умов праці, функціонування системи вентиляції.

Для очищення металевих поверхонь від олійно-брудових, асфальто-смолянистих, дорожніх і ґрунтових забруднень і ЛФП, що відшарувалися, використовують пароструменевий спосіб очищення із застосуванням мийних засобів або без них.

При видаленні нагару з поверхонь деталей використовують гідропіскоструминне очищення та очищення із застосуванням металевого піску.

Основним недоліком цих способів очищення є те, що абразивний матеріал може пошкодити поверхню, що очищується (риски і подряпини), а місця пошкодження будуть осередками повторного осадження нагару.

Для очищення внутрішніх поверхонь деталей системи охолодження двигуна від накипу застосовують лужні розчини. До складу накипу входять карбонати кальцію, магнію, сульфати магнію і кальцію, що розчиняються, силікати, які добре розпушуються в лужних розчинах. Після розчинення в соляній кислоті та розпушення в лужному розчині шар накипу змивають струменем води.

Найперспективнішими і найбільш використовуваними з наявних нині технологій миття та очищення є технології із застосуванням струменя води високого тиску [9]. Останніми роками підвищення ефективності очищення виробів технологією струменевого очищення здійснюється збільшенням кінетичної енергії струменя при підвищенні тиску рідини або подачею в струмінь абразивного матеріалу, за якої зростають енергетичні та матеріальні витрати, а також підвищується запиленість повітря в робочій зоні оператора мийної установки, що призводить до погіршення його умов праці [10].

Для підвищення якості очищення деталей двигунів перед їх ремонтом перспективним є використання льодно-кавітаційного струменя. Сутність впливу льодно-кавітаційного струменя полягає в тому, що він здатен руйнувати забруднення, впливаючи на них крижаними гранулами вуглекислоти.

Причому, схлопування кавітаційних бульбашок у потоці рідини істотно підвищує швидкість гранул [7]. Вдаряючись об поверхню, що очищається, гранули вуглекислоти з твердого стану, минаючи рідкий стан, одразу переходять у газоподібний стан (ефект сублімації). При цьому енергія, що виділяється, достатня для видалення будь-якого забруднення. Поверхні деталі, що очищається, за такого способу очищення не отримують жодних пошкоджень. Частинки зруйнованого забруднення змиваються водою.

### **Висновки по розділу**

Технологічний процес ремонту мобільної техніки охоплює зовнішню мийку, мийку вузлів, агрегатів і мийку деталей після розбирання вузлів і агрегатів. Ефективне видалення всіх забруднень під час ремонту мобільної техніки та її складових частин сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню матеріальних і трудових витрат та поліпшенню санітарно-гігієнічних умов праці працівників. З іншого боку, мийно-очисні процеси вимагають істотних витрат праці, наявності спеціального енергонасиченого обладнання, спричиняють велику витрату дорогих мийних засобів.

Оптимізація параметрів технологічного процесу миття мобільної техніки та її складових частин є важливим техніко-економічним завданням. Оптимізація параметрів передбачає обґрунтування тривалості процесу миття, температури розчину, складу СМЗ за наявністю компонентів та їхньої концентрації.

## РОЗДІЛ 2

### БУДОВА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕНОЇ МИЙНОЇ УСТАНОВКИ

Теоретичні дослідження характеризуються основоположною властивістю для розглянутої групи явищ. Встановлені в результаті теоретичних досліджень закономірності мають першорядну важливість.

Вони найточніше відображають дійсний розвиток явища і водночас достатньо повні, щоб не тільки пояснити це явище, а й змінити його в потрібному напрямі, тобто керувати результатами роботи, чого деколи не дає результат окремих експериментів, а інколи дає тільки обмежений варіант виконання рішення [2].

Відсутність суворої теорії щодо визначення добавок до синтетичних миючих засобів (СМЗ) та оптимізації їхньої концентрації змушує вчених шукати нові методи розв'язання зазначених проблем. Всебічний аналіз наявних добавок до СМЗ, наявного їхнього різноманіття підтверджує, що на сьогодні відсутня всебічно науково обґрунтована теорія та методика оптимізації концентрації наявних добавок до СМЗ як у нас в країні, так і за кордоном [2].

Для моделювання технологічного процесу миття та проведення лабораторних досліджень мийних властивостей розчинів використовували оригінальну лабораторну мийну установку (рис. 1), виготовлену в лабораторних умовах. Вона складається з двостінної термостатованої ванни 1 місткістю 1,5 л, куди заливали 1 л мийного розчину, який збуджували за допомогою пропелерної мішалки 7, що приводиться в дію від електродвигуна 5, який обертається з частотою  $300 \text{ хв}^{-1}$  [2].

Розчин підігрівали через сорочку 2, яка розташована навколо ванни, перекачуючи воду з термостата ТС-24.

Під час визначення мийної здатності розчину як дослідний зразок 3 використовували сталеву шліфовану з одного боку пластину розміром  $150 \times 70 \times 2$



(мм). У мийну установку зразки розміщували з використанням кронштейна 4. Температуру розчину контролювали термометром 6 [2].

Порядок робіт із дослідження мийних властивостей розчину був таким [2]:

1. Видалення первинних продуктів корозії;
2. Знежирення поверхні зразків з одного боку віденським вапном, промивання холодною водою і просушування між аркушами фільтрувального паперу;
3. Триразове вимірювання розмірів зразків;
4. Зважування зразків, занесення даних до таблиці 3.5;
5. Нанесення на знежирену поверхню зразків модельного забруднення в кількості 0,1 г рівномірним шаром. Щоб уникнути допущення помилки під час визначення маси забруднення, забруднення наносили на зразки з одного боку, тому що при двосторонньому нанесенні забруднення зважування на вагах ускладнюється;

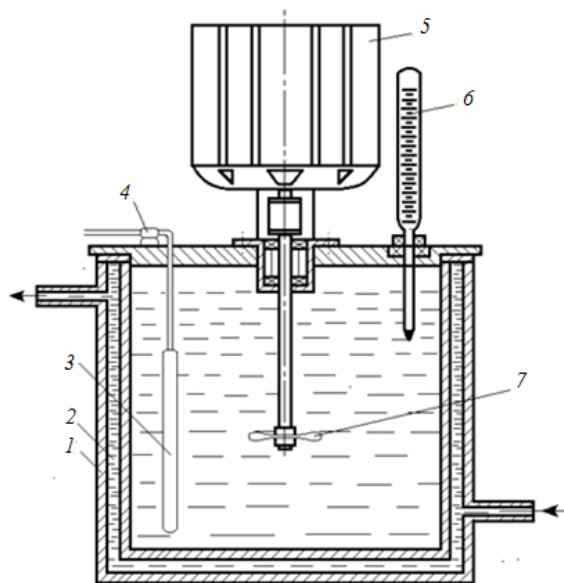


Рис. 2.1. Лабораторна мийна установка: 1 – двостінна термостатована ванна; 2 – сорочка; 3 – зразок; 4 – кронштейн; 5 – електродвигун; 6 – термометр; 7 – пропелерна мішалка [2].

6. Зважування зразків із забрудненням і занесення даних у табл. 1 здійснювали після 30-хвилинної витримки зразків на повітрі.

7. Заповнення ванни мийної установки водою в об'ємі 1 л, підігрів води до температури 85...90°C і поступове додавання СМЗ згідно з інструкцією щодо його застосування;

8. Розміщення зразків зі штучним забрудненням у лабораторну мийну установку;

9. Визначення мийної здатності кожного розчину ваговим методом за тривалості процесу миття 5 хв;

10. Занесення отриманих результатів до табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати експерименту

Найменування миючих засобів	Концентрація миючих засобів	Час миття, °С	Маса зразка, г			
			До миття		Після миття	
			Без забруднень	З модельним забрудненням		

Мийну здатність розчинів визначали методом зважування зразків. Сутність цього методу полягає у визначенні ступеня очищення (С, %) поверхні зразків і вираховується за такою формулою:

$$C = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\% \quad (2.1)$$

де  $M_1$  – маса зразка до миття, г;

$M_2$  – маса зразка після миття, г.

Змочувальну здатність визначали послідовним зануренням зразків у мийний розчин і в демінералізовану воду на 10 секунд. Після виймання зразків із води візуально фіксували тривалість часу до порушення суцільності водяної плівки на поверхні зразка. Розрив плівки на поверхні від країв зразків менше 10 мм не враховували. Змочувальність визначали тривалістю часу в секундах з моменту виймання зразків із води до порушення суцільності плівки [2].

Лабораторні дослідження проводилися на зразках розмірами  $30 \times 100 \times 2$  (мм) зі сталі Ст. 45Х і  $30 \times 100 \times 1$  (мм) зі сталі 08 кп (рис. 2.2).

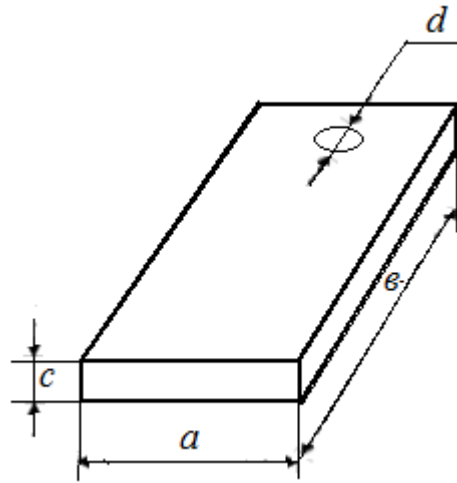


Рис. 2.2. Ескіз експериментального зразка: а – ширина, в – довжина, в – товщина, с – товщина, d – діаметр отвору.

Їх вирізали на гільйотинних механічних ножицях із листової сталі 08 кп і сталі Ст. 45Х. Вибір марок сталі для експериментальних зразків обґрунтовується тим, що основним матеріалом для виготовлення кузовів автомобілів є сталь 08 кп [2] і багато деталей двигунів виготовлено зі сталі Ст. 40Х або Ст. 45Х.

Для дослідження як добавки в розчини СМЗ вибираємо такі сполуки бору: МБЛ, МБН, МБК.

Варіанти дослідження представлені в табл. 2.1. При цьому мийний розчин міститиме концентрацію СМЗ у межах 30 г/л (3%), а концентрацію добавок необхідно встановити попередніми експериментами.

Оцінку ефективності добавок у розчини СМЗ слід проводити за результатами експериментальних досліджень, оскільки інших способів оцінки немає.

Відповідно до поставлених завдань проведено експериментальні дослідження наступних СМЗ: Лабомиду-203; МС-8; МЛ-51.

Під час проведення експериментів мають дотримуватися обмеження та певні умови, а саме:

- концентрація мийних засобів у водному розчині, г/л – 30 (3 %-й розчин);

- матеріал зразків – сталь Ст 45Х, сталь 08 кп;
- досліджувані добавки - сполуки бору (табл. 2.1);
- температура розчинів, °С – 85-90;
- метод вимірювання (спостереження)
- зважування на аналітичних вагах ВЛА – 200 г-М і візуально з використанням лупи дворазового збільшення

Таблиця 2.1. Варіанти дослідження

№ варіантів	3%-й Розчин СМЗ	Найменування добавки концентрацією 5г/л
1	Лабоміда-203	Без добавки боритів (контроль)
2		МБЛ
3		МБН
4		МБК
5	МС-8	Без добавки боритів (контроль)
6		МБЛ
7		МБН
8		МБК
9	МЛ-51	Без добавки боритів (контроль)
10		МБЛ
11		МБН
12		МБК

Під час проведення експериментів фіксувалися параметри, що нас цікавлять:

- ступінь очищення зразків від забруднень, %;
- тривалість часу до появи перших вогнищ корозії на поверхні зразків при кімнатній температурі, діб;

Оцінку ефективності дослідженого інгібітора проводили за показниками, описаними в розділі 2.

Оптимальну концентрацію боратних добавок у розчинах СМЗ визначали за найбільшим зміщенням потенціалу активації сталі Ст 45Х у потенціостатичному режимі поляризації в бік збільшення. У 3%-х розчинах МЛ-51, Лабоміду-203 і

МС-8 стаціонарний потенціал сталі без зовнішньої поляризації з часом розблагороджується і через 30 хв стає рівним (-0,12 В); (-0,10 В); (-0,06 В) відповідно.

### **Висновки по розділу**

Параметрами технологічного процесу миття є тривалість, температура та склад мийного розчину за включеними компонентами та їхніми концентраціями. Для розроблення оптимального технологічного процесу миття слід було б провести багатofакторний експеримент, під час якого одночасно варіювалися б усі діючі фактори. Однак останній параметр є своєю чергою багатofакторним, що різко ускладнює постановку такого експерименту. У зв'язку з цим було ухвалено рішення спочатку визначити оптимальний склад мийного розчину за фіксованих технологічних параметрів процесу: температурі (85°C) і тривалості (5 хв).

З огляду на складність поставленого завдання, для визначення оптимального складу мийних розчинів спочатку досліджували оптимальну концентрацію СМЗ і активізуючих добавок у водних розчинах, а потім визначали оптимальний склад мийних розчинів. Розглядали мийні розчини на основі СМЗ зі спеціальними добавками в різних співвідношеннях.

### РОЗДІЛ 3

#### РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для порівняльної оцінки Лабоміду-203, МС-8 і МЛ-51 за базовий варіант прийнято каустичну соду, характеристику та санітарно-гігієнічні вимоги до якої наведено в [4]. За розробленими нами методиками дослідженню піддавалися 3%-ві водні розчини Лабоміду-203, МС-8, МЛ-51, які є більш екологічно безпечними порівняно з 3%-м розчином каустичної соди.

Оціночними показниками водних розчинів СМЗ є ступінь очищення поверхні та інгібіторні властивості. 3%-ві розчини СМЗ для експериментів готували згідно з технологією, описаною в [304]. Методика проведення дослідження детально описана в розділі 3.

Вимоги до проведення експериментів: температура розчину, °С – 85...90; концентрація СМЗ у розчинах, % – 3,0; тривалість миття, хв – 5,0; кількість зразків у кожному варіанті – 5; забруднення – штучне; параметри, що перевіряються – ступінь очищення, %; протикорозійні властивості, кількість діб; змочуваність, с.

Для визначення інгібіторних властивостей каустичної соди відповідно до розробленої методики проводили дослідження зразків, вимитих у розчині каустичної соди, з витримкою в атмосфері ремонтної зони до появи на поверхні зразків перших вогнищ корозії.

Результати дослідження корозійної стійкості зразків представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати дослідження корозійної стійкості зразків зі сталі Ст 45Х після миття в 3%-му розчині каустичної соди

Концентрація каустичної соди в розчині, %	Тривалість часу до появи перших осередків корозії на поверхні зразків	
	за зразками	середня за варіантом
3	2; 2; 3; 2; 3; 3; 2; 3; 3; 2	2,4

За результатами дослідження зразків можна зробити висновок, що їхня корозійна стійкість не перевищує 2-3 діб, що вказує на низьку здатність розчину каустичної соди формувати на поверхні, яку обмивають, захисну плівку.

Розчин каустичної соди токсичний, малоефективний, має слабку протикорозійну здатність, у зв'язку з чим у ремонтному виробництві наразі почали використовувати такі більш ефективні СМЗ, як Лабомід-203, МС-8, МЛ-51 та ін.

Аналогічні дослідження проводилися з 3%-ми водними розчинами Лабоміду-203, МС-8 і МЛ-51 без додавання різних активаторів мийки та інгібіторів корозії. Методика проведення досліджень наведена в розділі 3.

Результати експериментів представлені в Додатку В (таблиці В.6, В.7, В.8). Умови експериментів були ідентичні умовам дослідження 3%-го розчину каустичної соди. Обробка та оцінка результатів експериментальних досліджень проведена аналогічно обробці та оцінці результатів досліджень 3%-го розчину каустичної соди.

Для визначення інгібіторних властивостей Лабоміду-203 відповідно до розробленої методики проводили дослідження зразків, вимитих у 3%-му розчині Лабоміду-203, з витримкою в атмосфері ремонтної зони до появи на поверхні зразків перших вогнищ корозії. Результати дослідження корозійної стійкості зразків представлені в таблиці 4.12.

Таблиця 3.2. Результати дослідження корозійної стійкості зразків зі сталі Ст45Х після миття в 3%-му розчині Лабоміду-203.

Концентрація Лабоміду-203 у розчині, %	Тривалість часу до появи перших осередків корозії на поверхні зразків	
	за зразками	середня за варіантом
3	6; 6; 7; 7; 6; 6; 6; 7; 6; 7	6,4

За результатами дослідження зразків можна зробити висновок, що їхня корозійна стійкість після миття в 3%-му розчині Лабоміду-203 становить 6-7 діб, що порівняно з розчином каустичної соди краще в два з гаком рази. Отже,

розчин Лабоміду-203 здатний формувати на поверхні, що очищається, захисну плівку.

Визначення інгібіторних властивостей МС-8 відповідно до розробленої методики проводили дослідженням зразків, вимитих у 3%-му розчині МС-8, з витримкою в атмосфері ремонтної зони до появи на поверхні зразків перших вогнищ корозії. Результати дослідження корозійної стійкості зразків представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати дослідження корозійної стійкості зразків зі сталі Ст 45Х після миття в 3%-му розчині МС-8.

Концентрація МС-8 у розчині, %	Тривалість часу до появи перших осередків корозії на поверхні зразків	
	за зразками	за зразками
3	8; 9; 8; 9; 9; 8; 8; 8; 9; 8	8,6

За результатами дослідження зразків можна зробити висновок, що їхня корозійна стійкість не перевищує 5 діб, що, як порівняти з каустичною содою, краще майже вдвічі. Отже, розчин МЛ-51 здатний формувати на поверхні, що очищається, захисну плівку.

На рис. 3.1 і 3.2 наведені показники ступеня очищення (%) від забруднень і протикорозійної стійкості зразків після миття в 3%-х розчинах СМЗ.

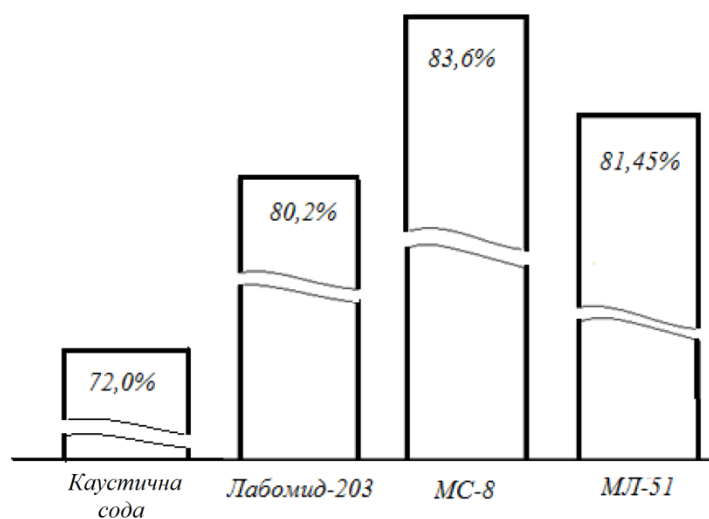


Рис. 3.1. Показники ступеня очищення (%) зразків від забруднень у 3%-х розчинах СМЗ.



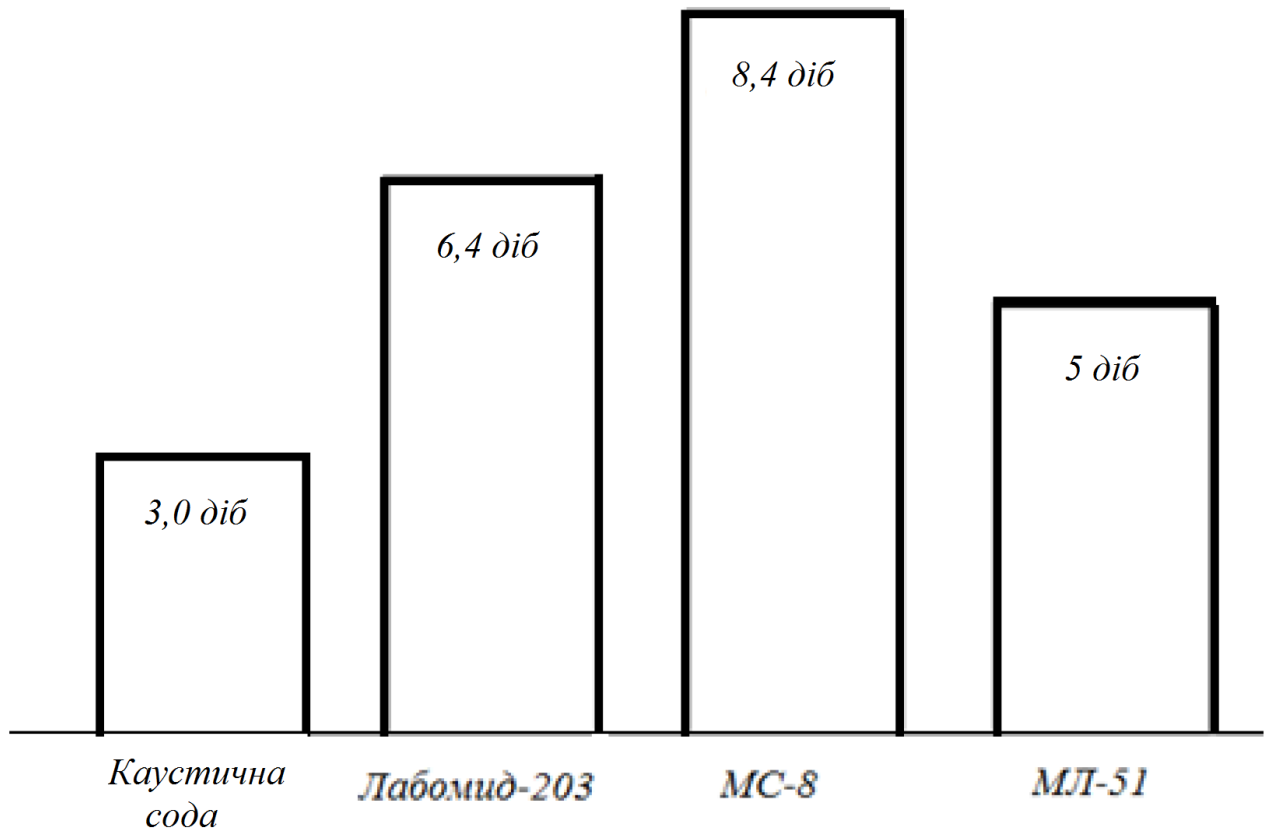


Рис. 3.2. Показники протикорозійної стійкості зразків після миття в 3%-х розчинах СМЗ.

За аналізом результатів порівняльних досліджень мийних і протикорозійних властивостей 3%-х розчинів каустичної соди, Лабоміду-203, МС-8 і МЛ-51 можна рекомендувати застосування Лабоміду-203, МС-8 і МЛ-51 для миття поверхонь деталей вузлів та агрегатів транспортних засобів як найефективніших, як порівняти з каустичною содою.

З рис. 3.1 і 3.2 видно, що ефективність СМЗ ранжується в такій послідовності:

$$МС-8 > Лабомід-203 > МЛ-51 > каустична сода.$$

Це свідчить про те, що з досліджених СМЗ найефективнішим за мийними та протикорозійними властивостями є МС-8.

При цьому слід зазначити, що рекомендовані СМЗ потребують додаткового підвищення мийних і протикорозійних властивостей за рахунок включення до їхнього складу спеціальних екологічно безпечних добавок.

Дослідження залежності ступеня очищення від спільного впливу концентрацій СМЗ і добавок проведено з розчинами Лабоміду-203, МС-8, МЛ-51 з добавками МБЛ, МБН, МБК. Експерименти проведено з використанням розробленої матриці (табл. 3.3) відповідно до плану експерименту в такій послідовності.

Таблиця 3.3. Матриця планування експерименту плану  $N = 2^2$

Найменування	Значення змінних, %	
	$x_1$	$x_2$
Основний рівень $0_{xi}$	3	0,5
Інтервал варіювання $\lambda_i$	1	0,15
Верхній рівень $0_{xi} + \lambda_i$	4	0,65
Нижній рівень $0_{xi} - \lambda_i$	2	0,45

Таблиця 3.4. План, результати експериментів і розрахунок

№	План			Рохрачу нок $x_1 \cdot x_2$	Вихід			Середнє значення виходу за варіантом, $y$	Дисперсія $S_j^2$
	$x_0$	$x_1$	$x_2$		$y_1$	$y_2$	$y_3$		
1	+1	-1	-1	+1	84,2	83,8	83,8	83,8	0,05
2	+1	+1	-1	-1	84,3	84,3	85,2	84,4	0,26
3	+1	-1	+1	-1	83,2	83,8	83,7	83,5	0,18
4	+1	+1	+1	+1	84,2	84,2	83,5	84,1	0,12
$\sum_{j=1}^n S_j^2 = 0,63$									

Аналогічні дослідження і статистичне опрацювання їхніх результатів проведено з розчином Лабоміду-203 з добавками МБН, МБК, з розчинами МС-8 і МЛ-51 з добавками МБЛ, МБН, МБК.

Отримані рівняння регресії залежності ступеня очищення від концентрацій СМЗ ( $x_1$ ) і сполук бору ( $x_2$ ) зведемо в таблицю 3.5 (постановка багатofакторного експерименту плану  $N = 22$  за основного рівня концентрації СМЗ ( $x_1$ ) 3% і добавок ( $x_2$ ) 0,5% за варіювання факторів 1% і 0,15% відповідно).

Таблиця 3.5 – Рівняння регресії залежності ступеня очищення від спільного впливу концентрацій СМЗ і добавок на основі результатів досліджень

Найменування СМЗ	Найменування добавок	Рівняння регресії
Лабомид-203	МБЛ	$Z = 84,1 + 0,26x_1 - 0,2x_2$
	МБН	$Z = 91,4 - 0,16x_1 - 0,4x_2$
	МБК	$Z = 92,9 + 0,2x_1x_2$
МС-8	МБЛ	$Z = 90,8 + 0,86x_2 + 0,2x_1x_2$
	МБН	$Z = 93,6 + 0,5x_1 + 1,0x_2 - 0,7x_1x_2$
	МБК	$Z = 97,8 + 0,2x_1 + 0,2x_2 - 0,3x_1x_2$
МЛ-51	МБЛ	$Z = 83,9 + 0,3x_1 + 0,4x_2 - 0,3x_1x_2$
	МБН	$Z = 86,5 + 0,46x_1 + 0,46x_2$
	МБК	$Z = 88,3 - 0,8x_2$

Використовуючи отримані рівняння регресії залежності ступеня очищення від концентрацій СМЗ і добавок, можна під час розроблення технологічних процесів миття обґрунтовано вибирати склад мийного розчину залежно від необхідного ступеня очищення виробів від забруднень.

### Висновки по розділу

Корозійна стійкість зразків після миття в 3%-му розчині Лабоміду-203 становить 6-7 діб, що, як порівняти з розчином каустичної соди, краще в два з гаком рази. Розчин Лабоміду-203 здатний формувати на поверхні, що очищається, захисну плівку.

Аналогічні результати для розчину МС-8 становлять 8-9 діб, а для розчину МЛ-51 - 5 діб. Це свідчить про те, що з досліджених СМЗ найефективнішим за мийними та протикорозійними властивостями є МС-8. При цьому слід зазначити, що рекомендовані СМЗ потребують додаткового підвищення мийних і протикорозійних властивостей за рахунок включення до їхнього складу спеціальних екологічно безпечних добавок.

Дослідження залежності ступеня очищення від спільного впливу концентрацій СМЗ і добавок проведено з розчинами Лабоміду-203, МС-8, МЛ-51 з добавками МБЛ, МБН, МБК. Експерименти проведено з використанням розробленої матриці відповідно до плану експерименту  $N = 2^2$ . Отримано регресійні рівняння залежності ступеня очищення від концентрацій СМЗ і сполук бору, які дають змогу під час розроблення технологічних процесів миття обґрунтовано вибирати склад мийного розчину залежно від необхідного ступеня очищення виробів від забруднень.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Вирішено наукову проблему, що має важливе значення для ремонтного виробництва АПК України - підвищення ефективності технологічного процесу миття вузлів, агрегатів і деталей мобільної техніки під час її ремонту за рахунок удосконалення технологічного процесу миття. Виконано нові технологічні розробки, обґрунтовано їхні параметри (тривалість процесу, температуру мийного розчину та його складу за наявності СМЗ, добавок та їхньої концентрації).

Встановлено, що залежність ступеня очищення зразків від тривалості миття має лінійний характер, а від температури мийного розчину апроксимується поліномом 3-го ступеня. Виходячи з того, що під час ремонту не потрібне 100%-ве очищення поверхонь вузлів, агрегатів і деталей, оптимальні тривалість миття та температуру мийного розчину визначено з умови 80%-ї міри очищення, і для 3%-го водного розчину Лабомиду-203 вони становили 4,5-5 хв і 80-90°C.

Дослідження мийної здатності розчинів проводили згідно з матрицею планування повного факторного експерименту з двома факторами: концентрацією СМЗ і концентрацією МБЛ, МБН, МБК у розчинах Лабомиду-203, МС-8 і МЛ-51. Залежність між параметром оптимізації процесу миття і факторами (функція відгуку) розглядалася у вигляді полінома першого ступеня. Встановлено, що найкращими мийними здібностями з досліджених СМЗ володіє МС-8, а з добавок - МБК.

Отримані залежності ступеня очищення від концентрацій СМЗ і добавок дають змогу під час розроблення технологічних процесів миття обґрунтовано вибрати склад мийного розчину залежно від необхідного ступеня очищення виробів від забруднень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дячук В.С. Вплив умов експлуатації на роботу вузлів і агрегатів мобільної техніки. *Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*, 5 квітня 2023 року. Житомир: Житомирський агротехнічний фаховий коледж, 2023. С. 182-183.
2. Міненко С. В., Дячук В. С. Будова і методика дослідження вдосконаленої мийної установки. *Збірник тез доповідей ХХІV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки"* (17–19 жовтня 2023 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2023.С. 303-305.
3. Міненко С. В., Дячук В. С. Класифікація забруднень сільськогосподарських машин. *Студентські читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 25 жовтня 2023 р.* Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 86-88.
4. Дирда В.І. Проектування сервісних підприємств ремонту. Дніпропетровськ : 2014. 99 с.
5. Бойко С.Л. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі. Кіровоград: КТМСГ. 227 с.
6. Грушецький С.М., Бендера І.М., Козаченко О.В. та ін. Технічний сервіс в АПК. Навчальний посібник. Кам'янець-Подільський: Подільський державний аграрно-технічний університет, ФОП Сисин Я.І., 2014. 680 с.
7. Біліченко В. В. Стратегії розвитку підприємств автомобільного транспорту в умовах ринкових відносин. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. Луганськ, 2004.
8. Drake Dawn M. A Profile of the Farm Machinery Industry: The Power to Help Farmers Feed the World. Business Expert Press, 2021. 462 p.

9. Сілін Р. І. Вібраційне обладнання на основі гідропульсатора : монографія. Хмельницький : ХНУ, 2007. 386 с.
10. Ткачук А.А. Підвищення зносостійкості фрикційних поверхонь обертання методами поверхневого пластичного деформування. Перспективні технології та прилади. Збірник наукових праць. Луцьк: ЛНТУ, 2014. №5 (2). С. 158-163.
11. . Пат. на корисну модель № 132837, МПК В08В 3/10. Вібраційна машина для очистки забруднень потоком твердих часток та мийки деталей при ремонті обладнання / Скиба М.Є., Старий А.Р., Гордєєв А.І., Гордєєв О.А. – U201810344 ; заявл. 19.10 2018. Опубл. 11.03.2019. Бюл. № 5.
12. . Пат. на корисну модель № 132837, МПК В08В 3/10. Вібраційна машина для очистки забруднень потоком твердих часток та мийки деталей при ремонті обладнання / Скиба М.Є., Старий А.Р., Гордєєв А.І., Гордєєв О.А. – U201810344 ; заявл. 19.10 2018. Опубл. 11.03.2019. Бюл. № 5.
13. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Підручник. К.: Вища школа, 1994. 342 с.
14. Курнікова П.І. Технологічне проектування підприємств автосервісу. Навчальний посібник. К.: Видав. «Іван Федоров». 2003. 262 с.
15. Мандрик Є. Шляхи вдосконалення організації проведення технічного обслуговування автомобілів середнього класу вантажопідйомності в умовах автотранспортного підприємства. Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія : військові та технічні науки. – Хмельницький: НАДПСУ, 2016.