

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

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

КИРИЛЬЧУК ЄВГЕНІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 658.7

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МИТТЯ
ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН В
МАШИННО-РЕМОНТНИХ МАЙСТЕРНЯХ**

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

_____ Є.В. Кирильчук

Керівник роботи

Грудовий Р.С.

к.т.н., ст. викладач

Житомир – 2022

АНОТАЦІЯ

Кирильчук Євгеній Володимирович. Удосконалення технологічного процесу миття деталей сільськогосподарських машин в машинно-ремонтних майстернях. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2022.

В магістерській роботі встановлено, що підвищення концентрації «Темп-100» у миючому розчині до 7% збільшує рівень очищення до 83,35%. Подальше збільшення концентрації не призводить до суттєвого покращення ступеня очищення. У зв'язку з чим і з метою економії синтетичних миючих засобів приймаємо 7% концентрацію «Темп-100» в миючому розчині. Протикорозійна стійкість зразків, вимитих у 7% розчині «Темп-100», становить всього 7,6 діб, оскільки у складі «Темп-100» відсутні ефективні інгібітори корозії.

В роботі встановлено, що тетраборат амонію у розчині «Темп-100» зміщує потенціал початку розчинення металу у більш позитивний бік щодо потенціалу корозії у розчині «Темп-100» без тетраборату амонію. У розчині «Темп-100» з добавкою тетраборату амонію на поверхні деталі формується тонка оксидна захисна плівка, що викликає пасивацію сталі.

Виробничі випробування протикорозійних властивостей тетраборату амонію підтвердили результати лабораторних випробувань. Перші осередки корозії на поверхні деталей, вимитих у 7%-му миючому розчині «Темп-100» з добавкою тетраборату амонію концентрацією 5 г/л, виявилися через 16,2 діб, а без добавки тетраборату амонію – через 7,6 діб. Добавка тетраборату амонію концентрацією 5 г/л у 7% розчин «Темп-100» підвищує корозійну стійкість зразків після миття в 2,1 рази. Отримано рівняння, що дає можливість до обґрунтованого вибору концентрації «Темп-100» та тетраборату амонію у розчині для забезпечення необхідного ступеня очищення деталей.

Ключові слова: миття, інгібітор, тетраборат амонію, очищення.

ANNOTATION

Kirilchuk Eugene Vladimirovich. Improving the technological process of washing parts of agricultural machinery in machine-repair shops. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2022.

In the master's thesis it was found that increasing the concentration of "Temp-100" in the washing solution to 7% increases the level of purification to 83.35%. A further increase in concentration does not significantly improve the degree of purification. In this regard, and in order to save synthetic detergents, take a 7% concentration of "Temp-100" in the detergent solution. The corrosion resistance of samples washed in 7% Temp-100 solution is only 7.6 days, as Temp-100 does not contain effective corrosion inhibitors.

It is established that ammonium tetraborate in Temp-100 solution shifts the potential of metal dissolution in a more positive direction relative to the corrosion potential in Temp-100 solution without ammonium tetraborate. In the solution "Temp-100" with the addition of ammonium tetraborate on the surface of the part a thin oxide protective film is formed, which causes passivation of steel.

Industrial tests of anti-corrosion properties of ammonium tetraborate confirmed the results of laboratory tests. The first foci of corrosion on the surface of parts washed in 7% detergent solution "Temp-100" with the addition of ammonium tetraborate at a concentration of 5 g/l, were found after 16.2 days, and without the addition of ammonium tetraborate - after 7.6 days. The addition of ammonium tetraborate with a concentration of 5 g/l in 7% solution "Temp-100" increases the corrosion resistance of samples after washing by 2.1 times. An equation is obtained that allows a reasonable choice of the concentration of "Temp-100" and ammonium tetraborate in solution to ensure the required degree of purification of parts.

Key words: washing, inhibitor, ammonium tetraborate, purification.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОЧИЩЕННЯ ТА МИТТЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ПІД ЧАС РЕМОНТУ МАШИН. МИЮЧЕ ОБЛАДНАННЯ.....	9
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ.....	20
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	32
ВИСНОВКИ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	49

ВСТУП

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

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

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

Ступінь розробленості теми дослідження. При порівняно високій відносній вологості повітря на поверхні металевих виробів в результаті поступової адсорбції з повітря утворюється плівка вологи, яка, змішуючись з механічними та хімічними домішками атмосферного повітря, забруднює поверхні машин, їх агрегатів, вузлів та деталей. Забруднення та їх суміші, осаджуються як на зовнішніх, так і на внутрішніх поверхнях деталей, викликаючи корозійне руйнування та сприяючи зниженню ресурсу машин та їх агрегатів, у зв'язку з

чим висока відносна вологість повітря є одним з основних факторів, що викликають на забруднення поверхні машин, їх агрегатів, вузлів та деталей.

Питаннями вдосконалення та підвищення ефективності процесів очищення, миття та корозійної стійкості деталей, вузлів та агрегатів машин займалися та займаються українські та зарубіжні вчені Н.В. Алдошин, Л.М. Гуревич, Н.Ф. Тельнов, А.Д. Бровченка, Н.В. Бишов, О.М. Дідманідзе, Б.П. Загородських, В.І. Карагодін, Ю.С. Козлов, А.В. Кирилін, А.І. Корольов, В.М. Приходька, Є.В. Пухів, П.А. Ребіндер, О.М. Ременцов, І.Л. Розенфельд, Н.С. Серпокрил, Ш.В. Садетдінов, І.А. Успенський, І.В. Фадєєв, А.В. Шемякін, І.А. Юхін, L. Yang, K.S. Rojagoplan та багато інших.

Вирішення задачі «вдосконалення технологічного процесу миття деталей дозволяє підвищити екологічність процесу миття, продуктивність праці, якість дефектування, корозійну стійкість та ресурс деталей, покращити умови праці, миючі та інгібіторні властивості розчинів СМЗ, що сприяє економії трудових та матеріальних витрат при ремонті машин».

Мета дослідження – підвищення ефективності миття деталей машин під час ремонту в сільському господарстві.

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

1. Поліпшити миючі та протикорозійні властивості синтетичного миючого засобу шляхом введення в його розчин спеціальної добавки.

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

3. Вивчити та визначити можливість підвищення ресурсу відремонтованих агрегатів за рахунок удосконалення технологічного процесу миття деталей при ремонті техніки.

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

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

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

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

Ступінь достовірності результатів дослідження. Застосування повірених засобів вимірювань, сучасних методів моделювання експериментів та обробки результатів лабораторних та виробничих експериментів забезпечило обґрунтовані та достовірні результати дослідження, що відповідають темі та загальним висновкам роботи.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. **Кирильчук Є.В.** Очищення та миття поверхонь деталей під час ремонту машин. Збірник тез VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 39-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 278-280.

2. **Кирильчук Є.В.** Методика дослідження мийних властивостей розчинів у лабораторних умовах. Збірник тез *VIII-ї* всеукраїнської науково-практичної конференції «*Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь*» 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. 226.

3. **Кирильчук Є.В.** Визначення раціональної концентрації «Темп-100» у розчині Збірник тез *VII-ї* всеукраїнської науково-практичної конференції «*Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь*» 2021 року. Житомир : ЖАТК. С.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для сільськогосподарських підприємств представляє запропоновані розчини для миття деталей машин 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 50 сторінок комп'ютерного тексту, містить 15 рисунків та 16 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ОЧИЩЕННЯ ТА МИТТЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ПІД ЧАС РЕМОНТУ МАШИН. МИЮЧЕ ОБЛАДНАННЯ

Миття деталей у технологічних процесах ремонту машин є суворо обов'язковим і дуже трудомістким процесом і становить близько 10% від загальної трудомісткості їх ремонту, для цього щороку витрачаються величезна кількість миючих засобів і в цьому зайняті величезні людські ресурси [1-5].

Дослідженнями у сфері підвищення якості прибирально-мийних робіт займалися та продовжують займатися у низці НДІ та ВНЗ. Але здебільшого всі ці дослідження односторонні. Вони розглядають або завдання підвищення ефективності миття і очищення, або завдання підвищення корозійної стійкості металевих поверхонь. Академік П.А. Ребиндер стверджує, що застосовувані нині технології миття деталей не зовсім раціональні, оскільки вони розроблені не на науковій основі [6].

Вперше проведено комплексні дослідження щодо підвищення і миючих та протикорозійних властивостей розчинів. Ми у своїй роботі продовжили дослідження у цьому напрямку, тому що при митті деталей агрегатів машин необхідно вирішити завдання та підвищення корозійної стійкості поверхонь вимитих деталей.

Робота машин у різних погодних та дорожніх умовах супроводжується їх забрудненнями. Поверхні нижніх частин машин (шасі) зазвичай забруднюються глинистими, піщаними, органічними та іншими забрудненнями, які утворюють міцну плівку, що утруднює проводити контрольно-оглядові та інші роботи, а також знижує експлуатаційні властивості та ресурс машин [6].

Своєчасне миття машин дозволяє:

- знизити можливість виникнення корозії, оскільки місця забруднення утворюють мікрощілини, є центрами руйнування захисних, декоративних покриттів та розвитку електрохімічної (щілинної) корозії;

- забезпечити збереження та збільшити термін служби ЛКП;
- покращити умови праці ремонтного персоналу, знизити або виключити ймовірність травматизму;
- покращити доступ до вузлів та деталей машин та полегшити проведення зовнішнього огляду;
- забезпечити естетичний зовнішній вигляд та підвищити зручність користування машинами;
- підвищити якість робіт при ТО та ремонті машин.

Прибирально-мийні роботи (ПМР) машин, а також забруднених вузлів та деталей умовно можна розділити на прибиральні (первинні) та мийні роботи. Частковий розподіл їх залежить від виду виробу.

ПМР включають очищення машин від бруду, пилу, снігу, прибирання салону і зовнішню мийку. Вони вимагають багато ручної праці. Прибирання та миття необхідно розглядати як окремі операції технологічного процесу підготовки машин до ТО та ремонту [13].

Миттю машин передують прибиральні роботи. Обсяг мийних та обсяг прибиральних робіт у загальних трудовитратах ПМР залежить від типу машини та прибиральні роботи становлять велику частку у загальній трудомісткості ПМР [7].

Прибиральні роботи виконуються з використанням переносних або стаціонарних пирососів, що працюють в режимах сухого або вологого прибирання. Деякі професійні пирососи дозволяють проводити хімічне чищення.

Миття - одна з найбільш трудомістких операцій у технологічних процесах ТО та ремонту машин. Наприклад, трудомісткість миття автомобіля КамАЗ-5320 близько 35 чол.-хв. Все це визначає необхідність механізації робіт з миття та очищення машин.

На рис. 1.1 зображено структурну схему технологічного процесу ремонту агрегатів машин [9].

Процес очищення включає:

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

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

Очищення деталей від забруднень зіскоблюванням виконують ручним та механізованим способом.

При ручному очищенні використовують різні скребки, металеві щітки, може використовуватись механізований інструмент. Ручний спосіб застосовується для очищення деталей (канавки поршневих кілець, форсунки), де не можна застосувати універсальне обладнання для видалення забруднень [10-12].

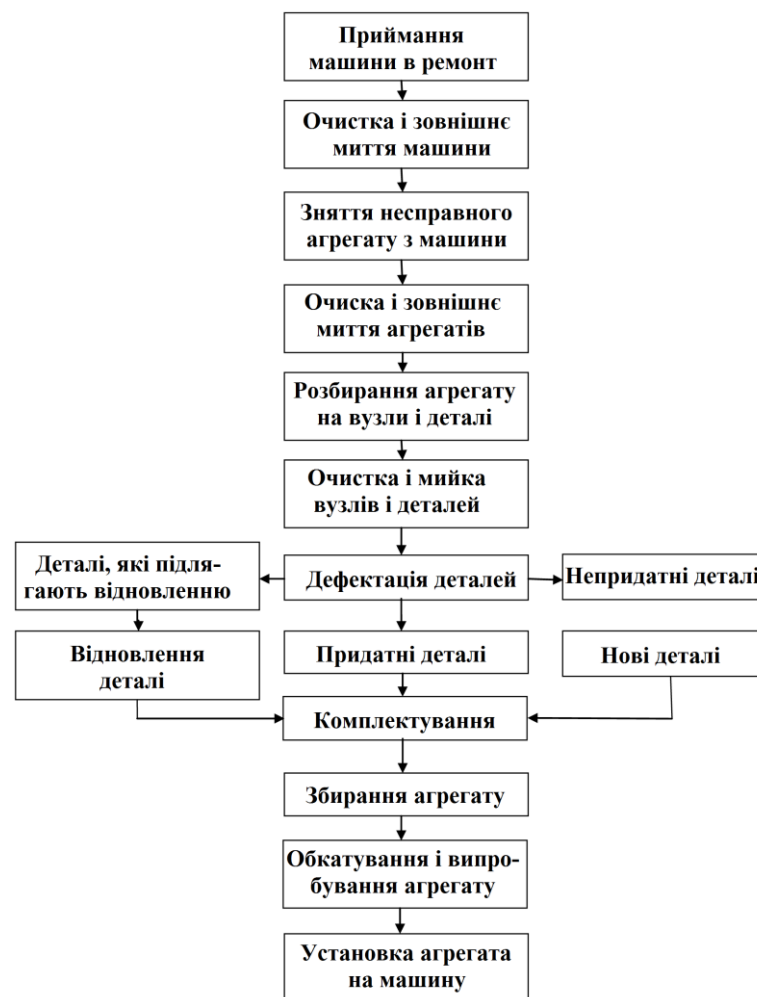


Рис. 1.1. Структурна схема технологічного процесу підготовки до ремонту та ремонту агрегатів машин.

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

Другий спосіб очищення включає водоструминне, гідроабразивне, піскоструминне очищення та очищення з використанням кісточнової крихти.

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

З метою запобігання руйнуванню плівки ЛКМ не рекомендується використовувати воду з температурою, що перевищує температуру поверхні, що обмивається, більше 18-20°C [1-7].

Струмене миття характеризується великою витратою води, наприклад, витрата води для миття вантажного автомобіля становить 600-1200 л, для легкового – 80-100 л при тиску води 1,5 МПа. Для економії води та підвищення якості миття застосовуються спеціальні миючі засоби [12].

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

Перевага струминного способу миття [11]:

- можливість використання для миття різних видів машин;
- порівняльна простота використання;

- широкий діапазон технологічних режимів миття;
- збереженість плівки ЛКМ та скла при його використанні.

Основними параметрами, що характеризують струменеве миття, є: температура миючого розчину (води); витрати води; динамічний тиск струменя; використовувані миючі засоби.

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

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

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

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

Зі зростанням тиску перед насадкою продуктивність насоса збільшується. Найбільша витрата води спостерігається під час використання пістолета-розпилювача. При тиску 140-150 Па витрата води досягає 16 л/хв і перевищує витрату води при використанні турбонасадок на 14-28% [8].

Висока адгезія забруднень, складна зміна поверхонь зумовлюють необхідність використання миючих засобів.

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

Для миття вузлів, агрегатів і деталей перед ремонтом використовують різні способи (рис. 1.2) [14].



Рис. 1.2. Класифікація миття забруднених поверхонь агрегатів, вузлів та деталей під час ремонту машин.

Найбільшого поширення набули такі установки, як установка моделі М-205 (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Установка для миття деталей моделі М-205

Технічна характеристика

Привід – пневматичний

Тип – стаціонарний з маятниковим рухом платформи

Ємність, л – 150

Габаритні розміри установки, мм – 3150×2300×2020

Габаритні розміри мийної камери, мм – 1570×1100×1200 600

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

Маса, кг – 950

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

Мийна машина для миття деталей АМ1400АК (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Мийна машина для миття деталей АМ1400 АК [10].

Технічна характеристика

Діаметр корзини, мм - 1400

Вантажопідйомність корзини, кг - 400

Частота обертання корзини, об/хв - 5-10

Габаритні розміри установки, мм - 1420×1550×1600

Потужність насоса, кВт - 2×2,2

Висота робочого простору, мм - 750

Напруга живлення нагрівального елемента, - 380

Потужність нагрівальних елементів, кВт 3×3,15

Матеріал корпусу - нержавіюча сталь товщиною 2,0 мм

Потужність сумарна, кВт - 14,00

Привід руху кошика - електромеханічний

Маса, кг - 400

Об'єм миючого розчину, л - 370

Час нагрівання розчину від 14°C до 90°C, хв - 120

Установки для миття деталей моделі «Simplex Big» (рис. 1.5) – це установки з автоматичним відмиванням деталей, з висувною поворотною робочою платформою та стаціонарними розпилювальними рампамі.



Рис. 1.5. Установка для миття деталей моделі Simplex Big

Використовуються для знежирення різних розмірів деталей в автоматичному режимі. Панель управління складається з екрану та сенсорних кнопок за допомогою яких можна виставити температуру в резервуарі, час обробки, бачити та чути аварійні сигнали та помилки. Відмивання відбувається завдяки вбудованій поворотній верхній "П" - образній розпилювальній рампі з

соплами. Повільне обертання платформи здійснюється мотором-редуктором з граничним значенням крутного моменту.

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

Тривалість миття у миючих установках становить від 2 до 14 хв. і залежить від виду, концентрації та температури миючого розчину [7].

Мийка зануренням у ванну об'єктів, що підлягають ремонту, найпростіший спосіб очищення забруднених вузлів та деталей. Цей спосіб миття ґрунтується на змочуванні та розчиненні забруднень поверхонь виробів. Для цього використовують органічні розчинники, їх суміші з емульгаторами, лужні розчини та розчини синтетичних миючих засобів.

Для миття деталей та складових частин машин широко користуються методом занурення у виварювальних ваннах. Порушення миючого розчину у виварювальних ваннах відбувається дуже пасивно в основному за рахунок конвекційного руху розчину, що визначається різницею температури розчину в ємності ванни, що є недоліком виварювальних ванн [13].

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

Збільшення збудження миючої рідини можна досягти, подаючи у ванну з рідиною пари або стиснене повітря. Однак, цей процес знижує температуру розчину, і у виїмках деталей складної конфігурації можуть утворитися повітряні бульбашки, які виключають контакт миючого розчину від поверхні, що очищається. Конденсуюча з пари волога, збільшуючи об'єм води в розчині, знижує концентрацію миючого засобу в розчині. У зв'язку з вищевикладеним ефективніше використання для цих цілей насосів і гвинтів.

На підприємствах агропромислового та транспортного комплексів країни застосовують ультразвуковий (УЗ) спосіб очищення, для чого використовують такі УЗ ванни, як УЗВ5-0,063/37, УЗВ1-0,16/37. Вони компактні, забезпечують економію енергії та ресурсів, мають невелику вартість [2].

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

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

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

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

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

У ремонтній практиці поширена установка М216Е2 (рис. 1.6). Вона використовується для миття великогабаритних деталей агрегатів різної техніки.

Робоча камера установки М216Е2 за своїми внутрішніми розмірами дозволяє здійснювати миття агрегатів з великими габаритними розмірами без розбирання. Внутрішні очисні пристрої, підігрів і високий тиск миючого розчину забезпечують видалення масляних і смолистих відкладень з поверхонь деталей і агрегатів, що обмиваються.

В установці застосований замкнутий цикл обороту миючого розчину.



Рис. 1.6. Установка для миття деталей M216E2.

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

Форсунки створюють потужний потік миючої рідини, спрямований на об'єкти, що промиваються. Завдяки обертанню столу і великій швидкості потоку миючої рідини можна добре промивати не тільки зовнішні, але і внутрішні поверхні деталей. Загальний час очищення деталей двигунів становить 30 хв, трансмісії та ходової частини – 10-15 хв [3].

Як миюча рідина для підвищення ефективності миття можуть використовувати розчини синтетичних миючих засобів.

Висновки по розділу

В першому розділі магістерської роботи представлено обладнання та засоби для очищення та миття поверхонь деталей під час ремонту машин.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

2.1 Методика дослідження мийних властивостей розчинів у лабораторних умовах

Для дослідження миючих властивостей розчинів у лабораторних умовах застосовували лабораторну мийну установку (рис. 2.1).

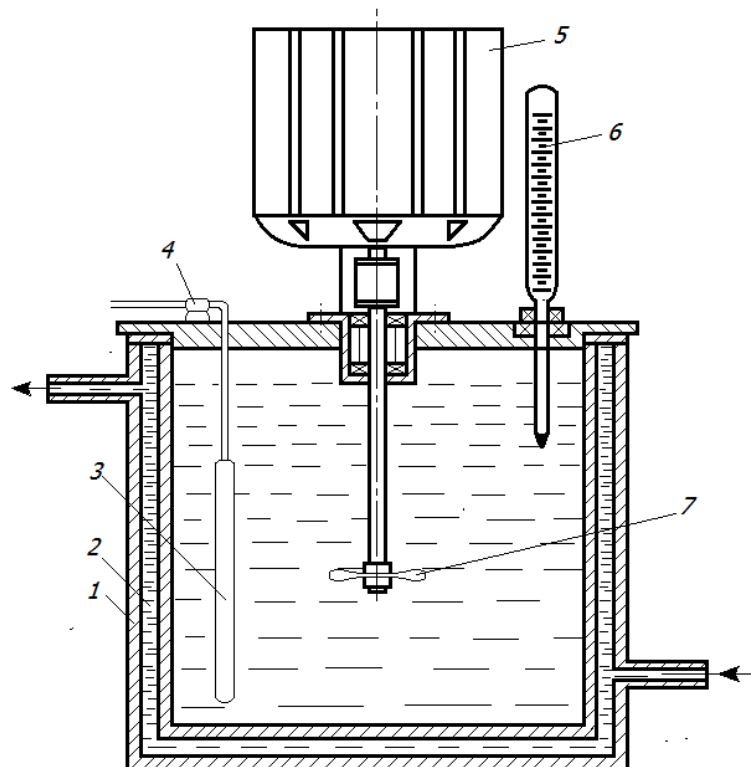


Рис. 2.1. Лабораторна мийна установка: 1 – двостінна термостатована ванна ємністю 1,5 л; 2 – рубашка; 3 – зразок; 4 – кронштейн; 5-електродвигун з частотою обертання 300 хв^{-1} ; 6 – термометр; 7 – пропелерна мішалка.

Температуру розчину у ванні об'ємом 1 л підтримували прокачуванням гарячої води через рубашку. Розчин у ванні активували за допомогою пропелерної мішалки 7.

Визначення миючої здатності розчину проводили з використанням як зразок 3 сталевий, шліфований з одного боку пластили розмірами $30 \times 100 \times 2$ (мм), в якості модельного забруднення – суміш дизельного (моторного) масла, що

відпрацювало, і смолистого відкладення з центрифуги співвідношенням 2:1. Для установки зразків в мийну установку використовували кронштейн 4, для контролю температури рідини – термометр 6.

Методика виконання робіт з дослідження миючої властивості розчинів була такою:

1. «Підготовка зразків:

- видалення продуктів корозії;
- знежирення поверхні зразків з одного боку вапном;
- промивання холодною водою;
- просушування між листами фільтрувального паперу;

2. Вимірювання розмірів зразків;

3. Зважування зразків із занесенням даних до таблиці 2.1;

4. Нанесення на знежирену поверхню зразків модельного забруднення у кількості 0,1 г рівномірним шаром. Витримування зразків повітря протягом 30 хв. Зважування зразків із забрудненням та занесення даних до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Форма таблиці експериментів.

№ п/п	Найменування миючого засобу	Концентрація миючого засобу	Тривалість миття, хв	Температура миючого розчину, °С	Маса зразка, г	
					до миття	після миття

5. Встановлення зразка із модельним забрудненням у мийну установку.

6. Заливання у ванну мийної установки 1л миючого розчину та його нагрівання до температури відповідно до програми випробування.

7. Визначення миючої здатності розчинів;

8. Визначення змочуваності миючих розчинів;

9. Внесення отриманих даних у таблицю.

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

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

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

M_2 – маса зразка після очищення.

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

2.2 Методика підготовки зразків для експериментів

Для лабораторних досліджень використовували експериментальні зразки розмірами 30x100x2 (мм), виготовлені з листової сталі 40Х (рис. 2.2).

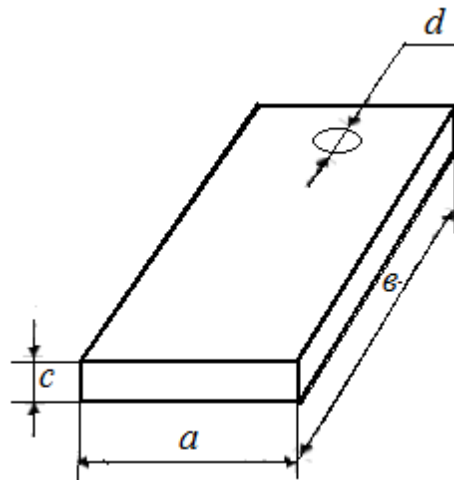


Рис. 2.2. Експериментальний зразок із сталі 40Х: а – ширина, в – довжина, с – товщина, d – діаметр отвору.

Матеріалом експериментальних зразків обрана сталь 40Х у зв'язку з тим, більшість деталей двигунів Д-240 виготовлені саме з цієї сталі (табл. 2.2).

Підготовку зразків до експерименту виконували за відомою методикою.

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

Таблиця 2.2 – Матеріали деяких деталей двигуна Д-240.

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

Визначення ступеня очищення, протикорозійної стійкості, швидкості корозії (зменшення маси з одиниці площі в одиницю часу, $\text{г/м}^2 \cdot \text{год}$), відносної похибки вимірювань габаритних розмірів та визначення маси зразків проводили за відомою методикою.

Отримані результати експериментів заносили в таблицю.

2.3 Обґрунтування кількості паралельних дослідів

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

$$N = \frac{t^2 v^2}{\varepsilon^2}, \quad (2.2)$$

де t – нормоване відхилення результатів (при нормальному законі розподілу та надійності експериментів $p = 0,05$ і $t = 1,96$);

v – коефіцієнт варіації, розрахований за результатами попередніх експериментів чи аналогічних досліджень, описаних у наукових звітах;

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

Під час проведення попередніх експериментів кількість дослідів чи паралельних зразків визначається за таблицею випадкових чисел. Для наочності проведемо аналогічні дослідження з миючими розчинами. Вихідні дані:

- зразки розмірами $100 \times 30 \times 2$ мм, підготовлені відповідним чином. На один бік зразків наносили штучне забруднення;

- рівень значущості $p = 0,05$, відносна помилка $\varepsilon = 3\%$, тоді $t = 1,96$ (квантиль розподілу Ляпунова, тоді $N = 11$ (перетин колонки 24 з рядком 8 у таблиці випадкових чисел)).

Вихідні дані – маса забруднення (таблиця 2.3).

Перевіримо належність крайніх членів ряду до сукупності за допомогою τ -критерію:

$$\text{- лівий член } \tau_{\text{лев.}} = \frac{x_2 - x_1}{x_{n-1} - x_1} = \frac{3,0010 - 2,9621}{3,5620 - 2,9621} = 0,065;$$

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

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

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

Таблиця 2.3 – Маса зразків, підготовлених до експериментів.

№ зразків	Маса чистого зразка, г	Маса зразка зі штучним забрудненням, г	Маса забруднень, г
1	46,2821	49,2442	2,9621
2	45,9907	48,9917	3,0010
3	46,2533	49,1804	2,9271
4	45,4172	48,5650	3,1478
5	45,9010	49,1300	3,2290
6	45,7122	49,0528	3,3406
7	46,0329	49,4907	3,4578
8	45,7188	49,2278	3,5090
9	45,8024	49,3535	3,5511
10	46,7070	50,2660	3,5590
11	45,5555	49,1175	3,5620
Сума:			36,2466

Визначимо дисперсію, середньоквадратичне відхилення та коефіцієнт варіації ряду, для чого скористаємось допоміжною таблицею 2.4.

Середнє арифметичне:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{11} \cdot 36,2466 = 3,295\%;$$

-дисперсія:

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

-середньоквадратичне відхилення:

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

-коефіцієнт варіації:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{0,1743}{3,295} \cdot 100\% = 3,32\%;$$

Таблиця 2.4 – Допоміжні розрахунки.

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

Сукупність підпорядковується нормальному закону розподілу випадкових чисел.

Паралельна кількість експериментів (повторності) за відносної помилки $\varepsilon = 3\%$ складе:

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

Приймається кількість повторності $N = 5$.

2.4 Методика підвищення ефективності технологічного процесу миття деталей

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

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

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

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

Ввели значення:

x_1 – концентрація «Темп 100» у розчині;

x_2 – концентрація ТБА у розчині.

У ході експериментів одночасно змінювалися концентрації «Темп-100» та ТБА. Склали матрицю планування (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 - Матриця планування повного факторного експерименту плану $N = 2^2$.

Найменування	Значення змінних		Результати дослідів y_n
	x_1	x_2	
Основний рівень O_{x_i}	O_{x_1}	O_{x_2}	
Інтервал варіювання λ_i	λ_1	λ_2	
Верхній рівень варіювання «+»	$O_{x_1} + \lambda_1$	$O_{x_2} + \lambda_2$	
Нижній рівень варіювання «-»	$O_{x_1} - \lambda_1$	$O_{x_2} - \lambda_2$	
Позначення факторів	x_1	x_2	
Досліди:			
№1	-1	-1	y_1
№2	+1	-1	y_2
№3	-1	+1	y_3
№4	+1	+1	y_4

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

Кодовані значення факторів розраховували за формулою:

$$x_\lambda = \frac{O_n - O_{x_i}}{\lambda_i}, \quad (2.3)$$

де O_n , O_{x_i} – натуральні значення факторів та основного рівня;

λ_i – інтервал варіювання.

У ході експериментів встановлювали ступінь очищення (y_n), яка визначає миючу здатність досліджуваних розчинів, залежно від змінних факторів $x_1, x_2, \dots, x_n$ (концентрації «Темп 100» та ТБА в розчині) і виражали у вигляді залежності (2.4), яка називається функцією відгуку.

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

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2, \quad (2.4)$$

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

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ji}y_n}{N}; \quad (2.5)$$

де x_1, x_2 – концентрації СМС та ТБА відповідно;

N – кількість експериментів.

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

Була складена матриця планування експерименту плану $N = 2^2$ (таблиця 2.6).

Таблиця 2.6 – Матриця планування експерименту плану $N = 2^2$.

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

У нашому випадку експеримент складається з чотирьох варіантів (таблиця 2.7). За варіантами дослідів перший фактор чергується на нижньому і верхньому рівні по черзі, а чергування другого фактора на нижньому і верхньому рівні відбувається через два варіанти дослідів.

Знаки «+» та «-» означають «+1» та «-1», або верхній та нижній рівні варіювання кодованих значень факторів.

Таблиця 2.7 – Повний двофакторний експеримент плану $N = 2^2$.

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

Експерименти та статистичну обробку результатів проводили використовуючи відому методику. Оцінку впливу змінних факторів x_1 і x_2 на вихідний параметр здійснювали за знаком і величиною коефіцієнтів при факторах отриманого рівняння регресії.

2.5 Методика дослідження з'єднання бору як добавка для поліпшення миючих та інгібіторних властивостей розчину «Темп-100»

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

Для вирішення поставлених завдань проведено такі варіанти експериментів:

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

Експерименти проводилися з дотриманням умов програми досліджень:

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

- метод вимірювання (спостереження) – гравіметричний та візуальний за допомогою лупи дворазового збільшення.

В експериментах (визначалися) фіксувалися такі показники:

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

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

$$\rho = \frac{m_0 - m}{S \cdot t}, \quad (2.6)$$

де m_0 та m – маса зразків до та після дослід, г;

S – площа пластинки, м^2 ;

t – час проведення дослід, год.

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

$$\gamma = \frac{\rho_0}{\rho}, \quad (2.7)$$

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

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

$$Z = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho} \cdot 100\%. \quad (2.8)$$

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

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

2.6 Висновки за розділом

1. За результатами попередніх експериментів визначено паралельну кількість повторності, що становить 5.
2. Миюча здатність розчину визначається ваговим методом, який ґрунтується на визначенні відсотка змивності забруднень з поверхні деталі.
3. Відповідно до уточненої методики дослідження оцінку ефективності ТБА як інгібітора корозії рекомендується проводити за ступенем захисту та інгібіторним ефектом.
4. Для дослідження корозії зразків після миття в розчинах СМЗ «Темп-100» без добавки та з добавкою ТБА рекомендовані наступні методи: у лабораторних умовах – гравіметричний, потенціостатичний та корозійно-втомний, а в умовах виробництва (у міжопераційний період зберігання) – візуальний (органолептичний) з визначенням тривалості часу з моменту завершення миття до появи на поверхні зразків перших проявів корозії.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Визначення раціональної концентрації «Темп-100» у розчині

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

Умови експерименту:

- тривалість миття зразків – 5 хв;
- концентрація «Темп-100» у миючому розчині, % (0,0; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0);
- температура розчину – 85-90°C;
- забруднення – штучне;
- кількість зразків у варіанті – 5;
- вихідний результат – ступінь очищення, %, протикорозійна стійкість, доба.

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

Математична статистична обробка результатів включає три етапи.

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

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

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

- лівий член

$$\tau_{\text{лев.}} = \frac{y_2 - y_1}{y_{5-1} - y_1} = \frac{10,85 - 10,26}{13,53 - 10,26} = \frac{0,59}{3,27} = 0,18 < \tau_{\text{табл.}} = 0,807;$$

- правий член

$$\tau_{\text{прав.}} = \frac{y_n - y_{n-1}}{y_n - y_2} = \frac{13,57 - 11,76}{13,53 - 10,26} = \frac{1,77}{3,27} = 0,541 < \tau_{\text{табл.}} = 0,807;$$

І лівий, і правий члени належать ряду, оскільки:

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

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

Визначимо середнє значення ряду $\bar{y}$, дисперсію S^2 , середньоквадратичне відхилення S і коефіцієнт варіації ϑ . Підготовчі розрахунки наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Підготовчі розрахунки.

Вихідні значення, y_i	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$
10,36	-1,36	1,5926
11,86	0,34	0,0626
11,28	-0,44	0,1216
13,63	2,11	4,0421
10,95	-0,77	0,4519
$\Sigma 57,68$		$\Sigma 6,2528$

Середнє значення:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{1}{5} \cdot 57,68 = 11,52\%;$$

- дисперсія:

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

- стандартне відхилення:

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

- коефіцієнт варіації:

$$\vartheta = \frac{S}{\bar{y}} \cdot 100\% = \frac{1,25}{11,52} \cdot 100\% = 10,85\%;$$

$$\vartheta = 10,85\% < 33\%.$$

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

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

На другому етапі визначали вид зв'язку між ступенем очищення (y) та концентрацією (x).

Визначили коефіцієнт кореляції r:

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

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

На третьому етапі проведено регресійний аналіз.

На рис. 3.1 наведено графічне уявлення впливу концентрації СМЗ «Темп-100» у розчині на ступінь очищення зразків.

З рис. 3.1 випливає, що з підвищенням концентрації "Темп-100" до 7% ступінь очищення зразків інтенсивно збільшується, що не можна затверджувати при подальшому збільшенні концентрації. Отже, 7% концентрація «Темп-100» в розчині буде раціональною.

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

$$\begin{aligned} y &= -13,99 + 35,579x - 2,8366x^2; \\ 100 &= -13,99 + 35,579x - 2,8366x^2; \\ x_{\text{рац.}} &= 7,27\% \approx 7,0\%. \end{aligned}$$

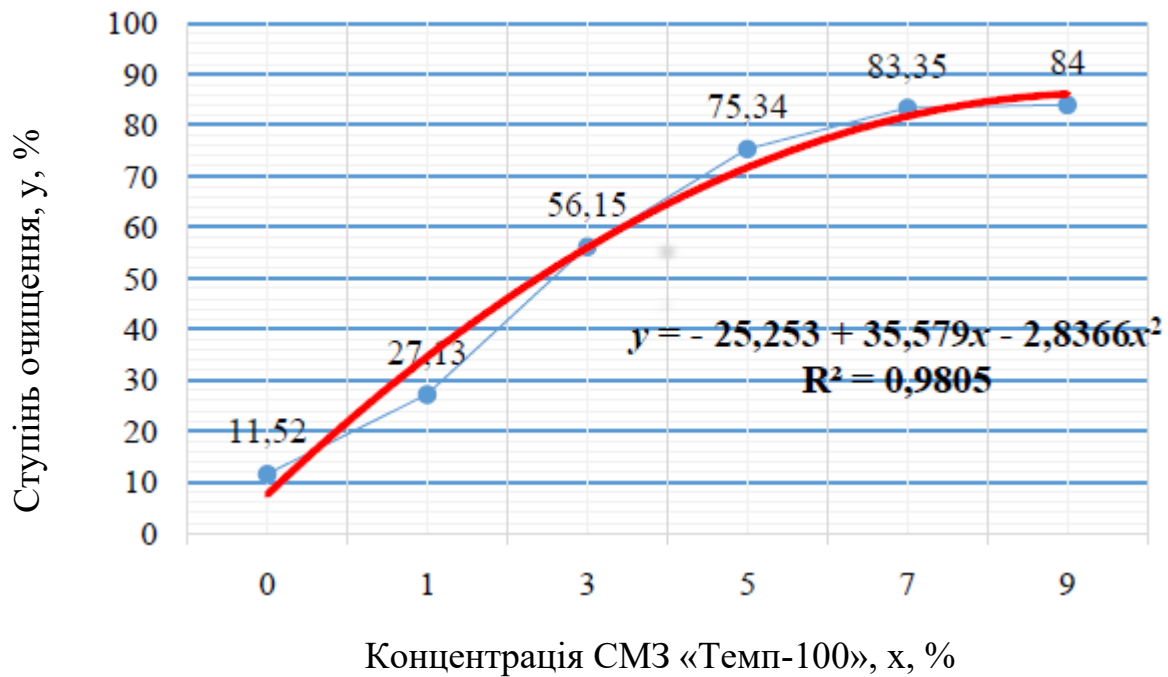


Рис. 3.1. Вплив концентрації СМЗ «Темп-100» на ступінь очищення зразків при температурі розчину 85-90°C та тривалості миття 5 хв.

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

Результати експериментів щодо вивчення залежності корозійної стійкості зразків із сталі 40Х від концентрації СМЗ «Темп-100» у розчині наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Залежність корозійної стійкості зразків зі сталі 40Х від концентрації СМЗ «Темп-100» в розчині, діб.

Концентрація «Темп-100» в розчині, %	Тривалість часу до появи перших проявів корозії на поверхні зразків	
	по зразкам	середня по варіанту
0 (контроль)	2; 3; 2; 2; 2	2,2
1	4; 4; 4; 3; 4	3,7
3	5; 4; 4; 5; 4	4,5
5	7; 6; 7; 7; 7	6,6
7	7; 8; 8; 7; 8	8,6
9	8; 8; 7; 8; 8	7,7

Дані таблиці 3.2 підтверджують, що «Темп-100» має слабку інгібуючу дію в розчині.

3.2 Поліпшення миючих властивостей розчину "Темп-100"

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

Умови експериментів:

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

Вплив концентрації ТБА в 7% розчині «Темп-100» на ступінь очищення зразків графічно представлено на рис. 3.2.

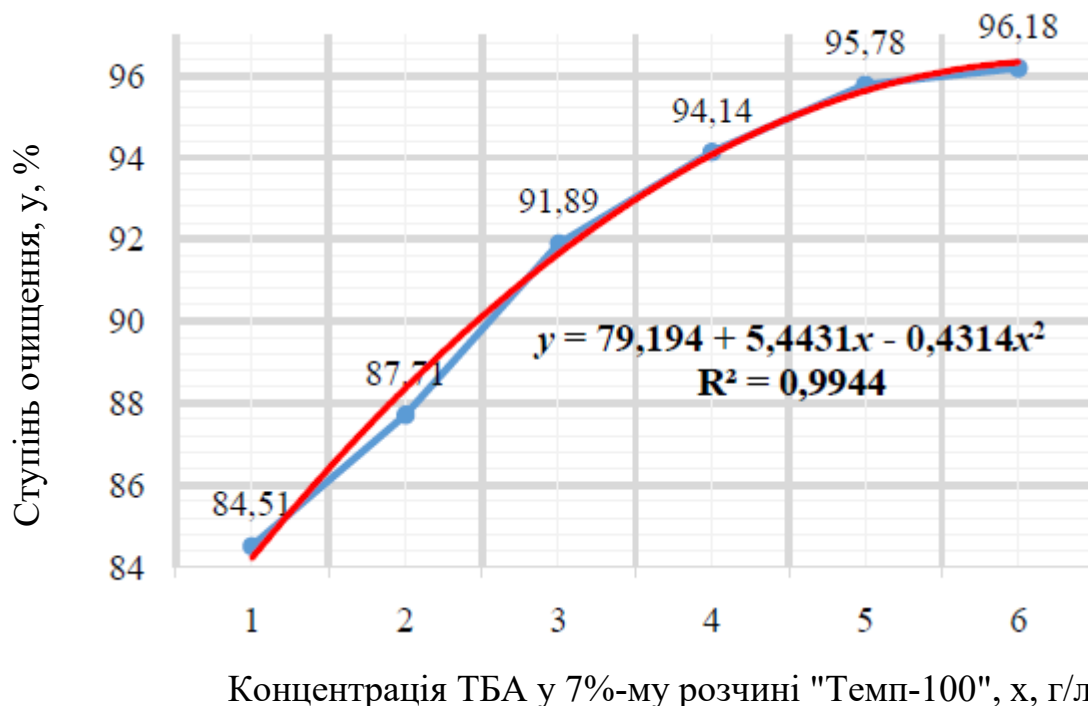


Рис. 3.2. Вплив концентрації ТБА у 7%-му розчині «Темп-100» на ступінь очищення зразків.

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

Рис. 3.2 дозволяє стверджувати, що концентрація ТБА 5 г/л у 7% розчині «Темп-100» є раціональною. Без присутності ТБА у розчині ступінь очищення 83,35%.

3.3 Вплив добавки на протикорозійні властивості розчину "Темп-100"

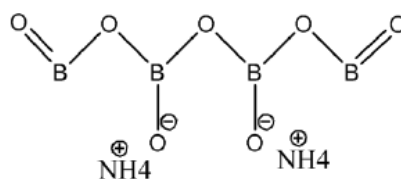
У роботах вчених наводиться, що борати лужних металів та амонію є хорошими, екологічно менш шкідливими інгібіторами у різних середовищах.

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

Як відомо, бор легкодоступний, нетоксичний хімічний елемент, що зустрічається в природних об'єктах як мікроелемент, тому його сполуки можуть бути використані як добавки до розчинів СМЗ для підвищення їх миючих та протикорозійних властивостей. У зв'язку з цим отримання нетоксичних, недорогих та ефективних інгібіторів корозії металів на основі сполук бору є актуальним, тому як активізуючу добавку в розчин «Темп-100» ми пропонуємо з'єднання ТБА, як отримане з недефіцитної сировини.

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

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



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

Отримують взаємодією розчинів борної кислоти та аміаку. Компонент інгібіторів корозії, добрив.

Виробник та постачальник: Alfa Aesar – лідер у сфері виробництва хімічних реактивів.

Попередньо проаналізували концентрації різних інгібіторів корозії чорних металів у нейтральних середовищах (таблиця 3.3).

З таблиці 3.3 видно, що концентрації більшості інгібіторів корозії чорних металів у нейтральних середовищах становить від 0,01 до 0,54% у корозійному середовищі. Виходячи з цього, і концентрації боратів як інгібітори корозії у водних середовищах приймаємо на рівні (5 г/л) 0,5%.

Таблиця 3.3 – Концентрації та ступінь захисту різних інгібіторів корозії чорних металів у нейтральних середовищах.

№ п/п	Найменування інгібітору	Концентрація інгібітору, %	Ступінь захисту, %
1	Гідразін N_2H_4	0,01-0,25	52,4-69,3
2	Натрій мишьяковистоокислий Na_3AsO_3	0,02	99,2
3	Фосфорна кислота (орто) H_3PO_4	0,001-3	88,2
4	Метиламонійкремнефторістоводневий (CH_3NH_2) ₂ · H_2SiF_6	0,01-0,5	80-90
5	Етилендіамін (1,2-етондіамін) $NH_2C_2H_4NH_2$	0,04	74
6	Етиленгліколь + олеїнова кислота	0,15-0,20	75-80
7	О-фталева кислота	0,54	80-90
8	Натрій ітаконовоокислий	0,01-0,05	90
9	Натрій коричноокислий, гідро- $NaOOCCH_2CH_2C_6H_5$	0,1-0,15	100
10	Натрій лимоніокислий	0,01-0,02	100

Результати лабораторних досліджень інгібіторних властивостей ТБА за щільністю анодного струму наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 4.4 – Вплив присутності ТБА в 7%-му розчині СМЗ "Темп-100" на зміну щільності анодного струму при різних значеннях потенціалу сталі 40Х.

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

Для потенціодинамічного вимірювання щільності анодного струму скористалися потенціостатом П-5848, як електрод порівняння - хлорсрібним електродом (хсе).

Дані таблиці 3.4 показують, що у присутності ТБА у розчині «Темп-100» значення щільності анодного струму нижче, ніж у розчині без ТБА, отже, і швидкість руйнування сталі у розчині «Темп-100» у присутності ТБА нижче, ніж у розчині без ТБА. Це підтверджує, що розчин «Темп-100» з добавкою ТБА у кількості 5 г/л має вищі інгібіторні властивості.

Було вивчено вплив ТБА на швидкість корозії, інгібіторний ефект, ступінь захисту сталі 40Х за 30 діб у 3% розчині NaCl у присутності СМЗ «Темп-100» концентрацією 7% (таблиця 4.5, рис. 3.3-3.5). Дослідження проводилися за відомою методикою.

З рис. 3.3-3.5 видно, що в 3% розчині NaCl кращі протикорозійні властивості виявляє 7% розчин «Темп-100» з добавкою ТБА концентрацією 5 г/л. Це пояснюється тим, що швидкість корозії сталі 40Х при цьому мінімальна і має значення, що дорівнює $15,35 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год} \cdot 10^{-3}$, інгібіторний ефект і рівень захисту від корозії сталі 40Х мають максимальні значення, рівні 1,97 і 97, 4% відповідно.

Таблиця 3.5 – Зміна швидкості корозії ($K_{\text{ср.}}$), інгібіторного ефекту ($\gamma_{\text{ср.}}$) та ступеня захисту ($Z_{\text{ср.}}$) сталі 40Х за 30 діб залежно від складу корозійного середовища.

Корозійне середовище	Концентрація ТБА в корозійному середовищі, г/л	$K_{\text{ср.}}$, г/м ² ·год·10 ⁻³	$\gamma_{\text{ср.}}$	$Z_{\text{ср.}}$, %
3%-й розчин NaCl (контроль)	0	30,32	1,0	0
3%-й розчин NaCl + + 7%-й розчин «Темп-100»	0	23,02	1,32	31,7
3%-й розчин NaCl + + 7%-й розчин «Темп-100» ++ ТБА	1	20,73	1,46	46,26
	2	18,54	1,64	63,5
	3	17,23	1,76	76,0
	4	15,83	1,92	91,5
	5	15,35	1,97	97,4
	6	15,78	1,93	92,1

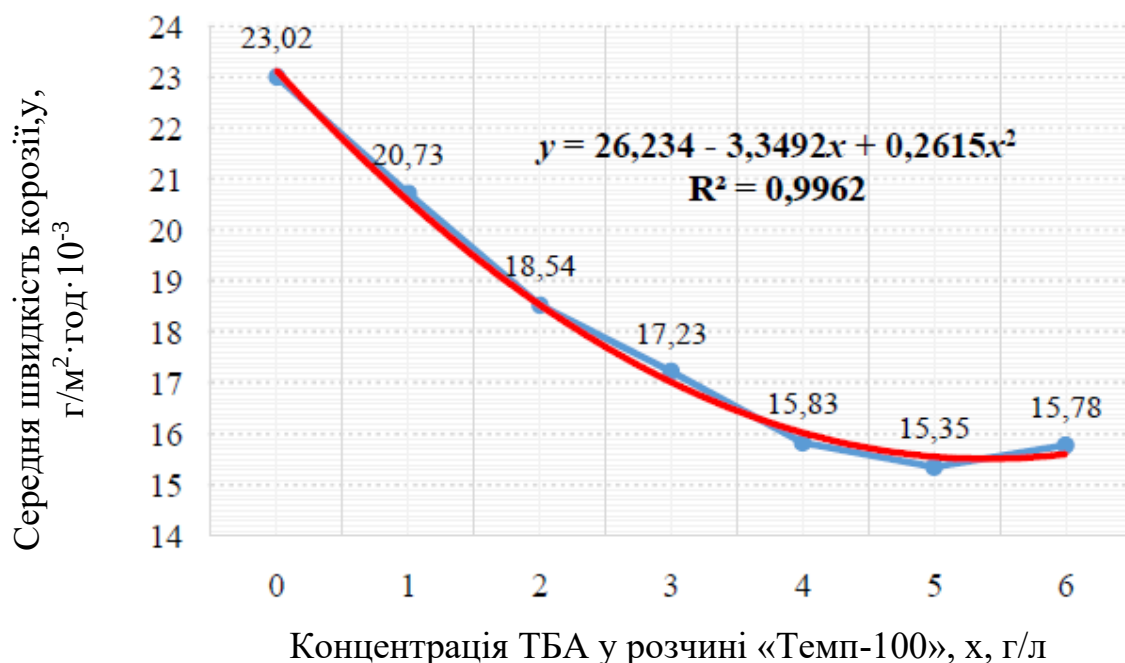


Рис. 3.3. Вплив концентрації ТБА на швидкість корозії ($K_{\text{ср.}}$) сталі 40Х в 3% розчині NaCl у присутності «Темп-100» концентрацією 7% за 30 діб.

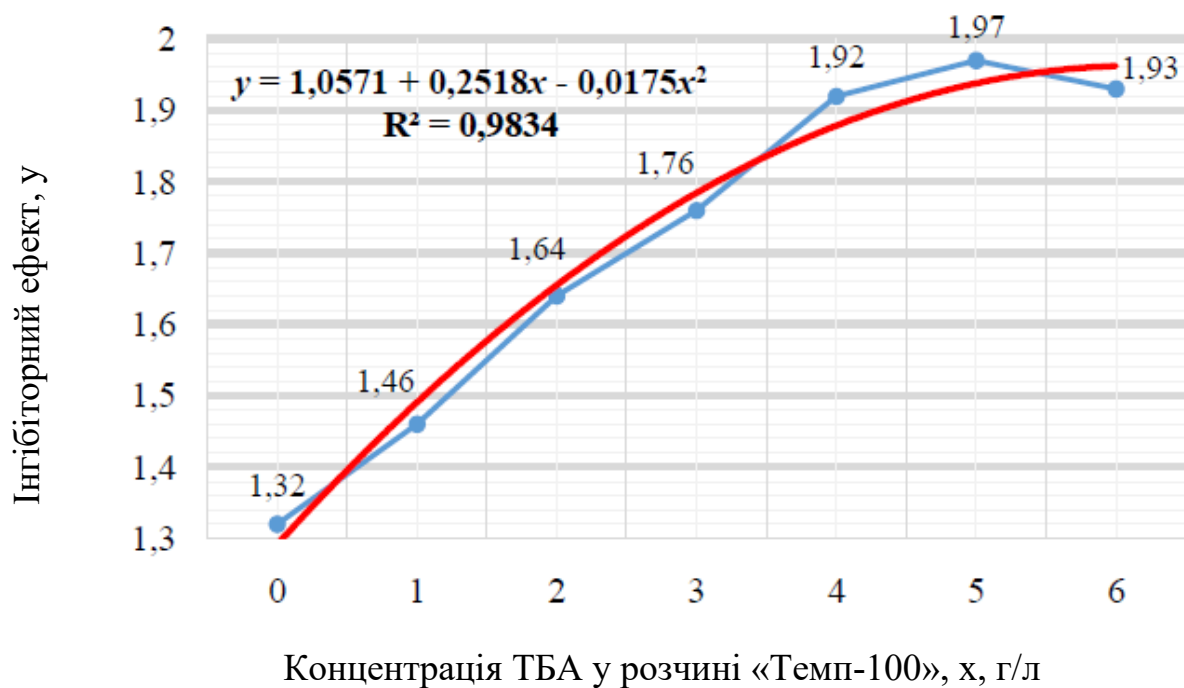


Рис. 3.4. Вплив концентрації ТБА на інгібіторний ефект ($\gamma_{\text{ср.}}$) у 3% розчині NaCl у присутності «Темп-100» концентрацією 7% за 30 діб.

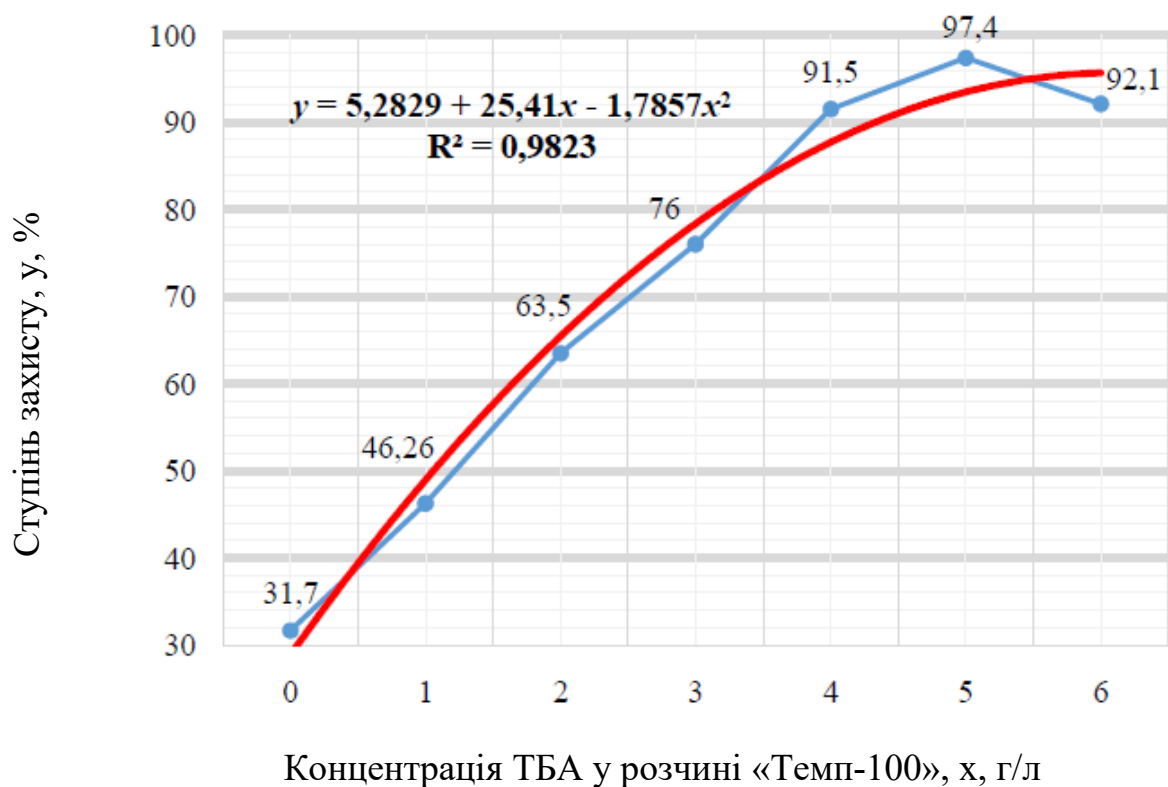


Рис. 3.5. Вплив концентрації ТБА на ступінь захисту ($Z_{\text{ср.}}$) сталі 40Х у 3% розчині NaCl у присутності «Темп-100» концентрацією 7% за 30 діб.

При подальшому збільшенні концентрації добавки до 6% спостерігається деяке збільшення швидкості корозії сталі 40Х у розчині до $15,78 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год} \cdot 10^{-3}$, зниження інгібіторного ефекту та ступеня захисту до 1,93 та 92,1% відповідно, що підтверджує раціональність концентрації добавки ТБА, що дорівнює 5 г/л, у розчині «Темп-100».

Залежність корозійно-електрохімічної поведінки сталі 40Х від присутності ТБА у розчині «Темп-100» вивчено методом зняття потенціодинамічних поляризаційних кривих (рис. 3.6).

З рис. 3.6 видно, що розчин «Темп-100» у присутності ТБА концентрацією 5 г/л має кращі протикорозійні властивості ніж без ТБА. Це можна пояснити тим, що в розчині «Темп-100» з ТБА потенціал початку розчинення металу (крива 2-2') зміщений у більш позитивний бік щодо потенціалу корозії (крива 1-1') у розчині «Темп-100» без ТБА.

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

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

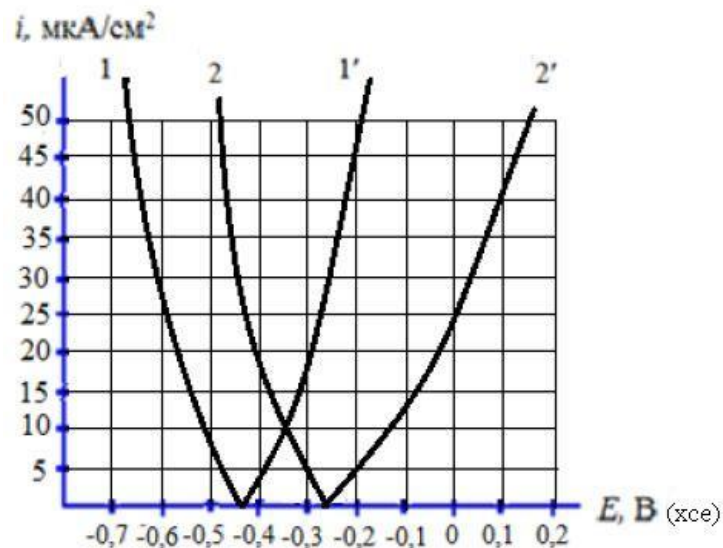


Рис. 3.6. Анодні та катодні потенціодинамічні поляризаційні криві сталі 40Х у 7%-му розчині СМЗ «Темп-100»: без добавки ТБА – 1-1'; з добавкою ТБА – 2-2'.

Протикорозійні властивості ТБА у виробничих умовах визначали за тривалістю часу з моменту завершення миття в досліджуваному розчині до появи перших проявів корозії на поверхні деталей. Миття деталей проводили в 7%-му розчині «Темп-100» з добавкою ТБА концентрацією 1,0, 2,5, 5,0 та 6,0 г/л (таблиця 3.6 та рис. 3.7).

Таблиця 3.6 – Результати виробничих досліджень впливу концентрації ТБА на протикорозійні властивості 7%-го розчину "Темп-100".

Концентрація ТБА, г/л	Тривалість часу до появи перших проявів корозії, діб	
	Кожного зразка	Средня по варіантам
Зразки без миття (контроль)	3, 4, 2, 3, 4	3,2
0	7; 8; 7; 8; 8	7,6
1,0;	12, 13, 12, 13, 10	12,0
2,5;	13, 14, 13, 15, 14	13,8
5,0	16, 16, 15, 17, 17	16,2
6,0	16, 17, 17, 16, 16	16,4

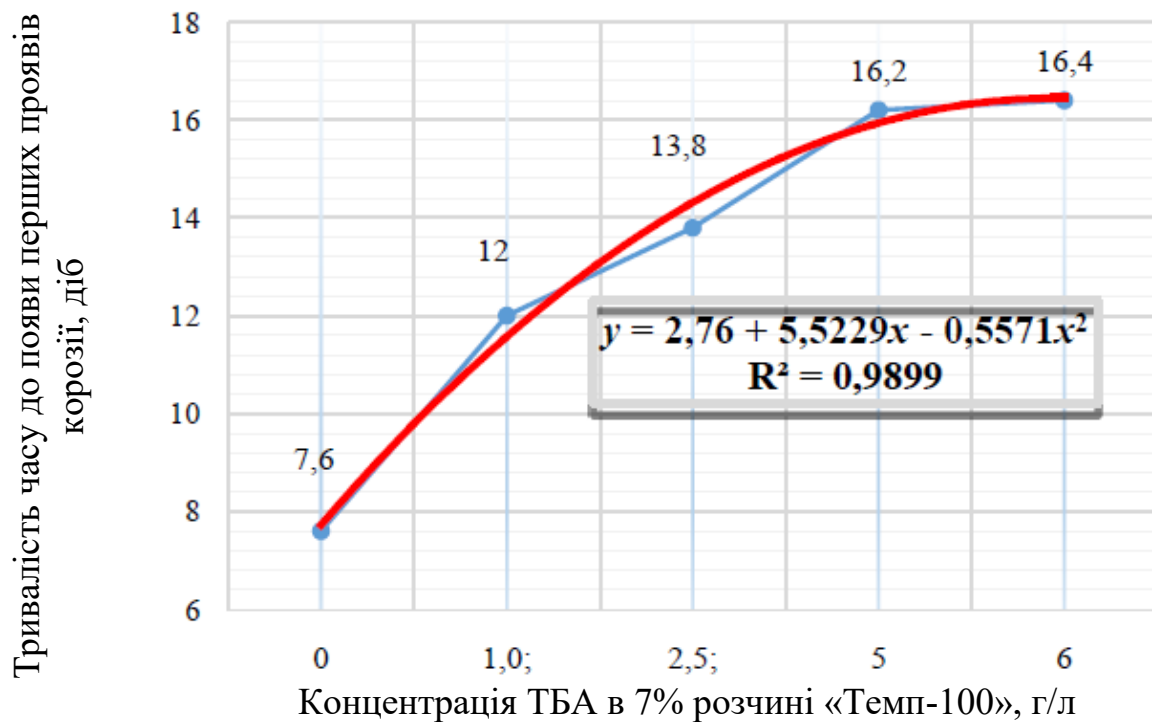


Рис. 3.7. Вплив концентрації ТБА на протикорозійні властивості 7% розчину «Темп-100»

Дані таблиці 3.6 та рис. 3.7 підтверджують, що кращі протикорозійні властивості 7%-го розчину «Темп-100» виявляються у присутності в розчині ТБА концентрацією 5,0 г/л. Отже, така концентрація ТБА в 7% розчині «Темп-100» є раціональною.

3.4 Дослідження впливу концентрацій компонентів у миючому розчині на ступінь очищення

Дослідження впливу співвідношення «Темп-100» і добавки ТБА розчинений ступінь очищення зразків проведено за відомо методикою і в послідовності (таблиця 3.7-3.9).

Таблиця 3.7 – Матриця планування експерименту плану $N = 2^2$.

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

1. Досліджувані концентрації:

x_1 – концентрація "Темп-100", %;

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

Таблиця 3.8 – Результати експериментів.

№ варіантів	№ зразків	Маса, г					Степінь очищення	
		до експеримента			після експеримента		по зразкам	середня по варіантах
		зразків без забруднення, M_0	зразків із забрудненням, M_1	забруднення, $M_1 - M_0$	зразків із забрудненням, M_2	забруднення, що залишилося, $M_2 - M_0$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	43,37735	46,41615	3,0515	43,5581	0,1919	93,7	93,1
	2	43,28005	47,26525	3,9916	43,55914	0,319	93,1	
	3	43,45145	47,4718	4,0205	43,74112	0,291	92,7	
2	4	43,32185	47,3521	4,0314	43,59551	0,2827	93,1	93,7
	5	43,9916	48,21065	4,2214	44,24756	0,25613	93,8	
	6	42,23125	46,2414	4,0202	42,46183	0,2316	94,2	
3	7	43,27275	47,26105	3,9927	43,5068	0,221	94,4	94,2
	8	42,9901	46,815	3,7815	43,24213	0,2446	93,5	
	9	43,35675	46,1514	2,7988	43,49153	0,1513	94,7	
4	10	42,3124	45,39875	3,0941	42,52908	0,2214	93,1	93,8
	11	42,9781	46,07915	3,1100	43,16187	0,192	94,0	
	12	43,9787	47,92185	3,943	44,19455	0,2318	94,3	

Таблиця 3.9 – План, результати експериментів і розрахунок.

№ варіанта	План			Розрах. $x_1 x_2$	Вихід			Середнє значення виходу за варіантом, $\bar{y}$	Дисперсія, S_j^2
	x_0	x_1	x_2		y_1	y_2	y_3		
1	+1	-1	-1	+1	93,6	93,0	92,7	93,1	0,27
2	+1	+1	-1	-1	93,0	93,8	94,2	93,7	0,30
3	+1	-1	+1	-1	94,3	93,4	94,7	94,2	0,38
4	+1	+1	+1	+1	93,1	94,0	94,3	93,8	0,38
$\sum_{j=1}^n S_j^2 = 1,36$									

Коефіцієнти рівняння регресії:

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

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

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

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

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

Провели статистичний аналіз отриманого рівняння, визначили значущість коефіцієнтів та отримали наступний його остаточний вигляд:

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

Висновки по розділу

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

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Підвищення концентрації «Темп-100» у миючому розчині до 7% збільшує рівень очищення до 83,35%. Подальше збільшення концентрації не призводить до суттєвого покращення ступеня очищення. У зв'язку з чим і з метою економії СМЗ приймаємо 7% концентрацію «Темп-100» в миючому розчині.

2. Протикорозійна стійкість зразків, вимитих у 7% розчині «Темп-100», становить всього 7,6 діб, оскільки у складі «Темп-100» відсутні ефективні інгібітори корозії.

3. Залежність ступеня очищення зразків у 7% водному розчині «Темп-100» від концентрації ТБА має поліноміальний характер. Доведено, що концентрація добавки 5 г/л у 7% розчині «Темп-100» є раціональною, оскільки збільшення вмісту ТБА в розчині до 5 г/л сприяє підвищенню ступеня очищення до максимального значення 95,78% (без ТБА – 83,35%), а подальше підвищення концентрації борату помітного ефекту не дає.

4. З підвищенням вмісту ТБА до 5 г/л у 3% розчині NaCl у присутності «Темп-100» концентрацією 7% за 30 діб швидкість корозії сталі 40Х інтенсивно знижується до $15,35 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год} \cdot 10^{-3}$, інгібіторний ефект та ступінь захисту підвищуються до максимальних значень 1,97 та 97,4% відповідно. За подальшого збільшення концентрації добавки до 6% спостерігається деяке погіршення інгібіторних властивостей розчину, що підтверджує раціональність концентрації добавки ТБА, що дорівнює 5 г/л.

5. Встановлено, що ТБА у розчині «Темп-100» зміщує потенціал початку розчинення металу у більш позитивний бік щодо потенціалу корозії у розчині «Темп-100» без ТБА. У розчині «Темп-100» з добавкою ТБА на поверхні деталі формується тонка оксидна захисна плівка, що викликає пасивацію сталі. ТБА є універсальним інгібітором.

6. Виробничі випробування протикорозійних властивостей ТБА підтвердили результати лабораторних випробувань. Перші осередки корозії на поверхні деталей, вимитих у 7%-му миючому розчині «Темп-100» з добавкою ТБА концентрацією 5 г/л, виявилися через 16,2 діб, а без добавки ТБА – через 7,6 діб. Добавка ТБА концентрацією 5 г/л у 7% розчин «Темп-100» підвищує корозійну стійкість зразків після миття в 2,1 рази.

7. Отримано рівняння, що дає можливість до обґрунтованого вибору концентрації «Темп-100» та ТБА у розчині для забезпечення необхідного ступеня очищення деталей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексеева И. М. Статистика автомобильного транспорта: Учебник для вузов. Москва : Экзамен. 2005.
2. Андрусенко С.І. Технології підвищення ефективності виробничотехнічної бази підприємств автомобільного транспорту: Навчальний посібник. Київ : «Медін-форм». 2017.
3. Бачурин А. А. Анализ производственно-хозяйственной деятельности автотранспортных организаций: Учеб. пособие для вузов. Москва : Академия, 2005.
4. Бачурин А. А. Маркетинг на автомобильном транспорте : Учеб. пособие. Москва : Академия, 2005.
5. Біліченко В.В. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту: Навч. Посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013.
6. Біліченко В. В. Стратегії розвитку підприємств автомобільного транспорту в умовах ринкових відносин. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля*. Луганськ, 2004.
7. Дмитриченко М.Ф., Левківський О.П. Формування технологічного потенціалу авторемонтного виробництва. *Вісник Національного транспортного університету*. Київ : НТУ. 2013.
8. Кислий В. М. Організація наукових досліджень: навчальний посібник. Суми : Університетська книга. 2011.
9. Курніков С.І. Характеристика сучасного стану автотранспортних підприємств. *Вісник Національного транспортного університету*. Київ : НТУ, 2013.
10. Лудченко О.А., Лудченко Я.О. Наукові дослідження. Патентознавство: Методологія: Навч. посібник. – 5-е вид., перероб. і доп. Київ : Логос, 2013.
11. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. Київ : Знання-Прес, 2003.

12. Лудченко О.А., Технічне обслуговування та ремонт автомобілів: Організація і управління: Підручник. Київ : Знання, 2004.
13. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. Київ : Вища школа, 2007.
14. 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.
15. Марков О.Д. Станции технического обслуживания автомобилей. Киев : Кондор, 2008.