

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З.ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: **«ОБГРУНТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ У
МАШИНОБУДУВАННІ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ АТМОСФЕРНІЙ КОРОЗІЇ»**

Виконав: студент VI курсу групи Маш-61

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

Назарій ПЕТРИК
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ
(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.
“ _____ ” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту
ПЕТРИК Назарію Романовичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування інженерно-технологічних рішень у машинобудуванні для запобігання атмосферній корозії»

Керівник роботи: Березовецький Сергій Андрійович, к.т.н., доцент
Затверджена наказом по університету від №140/К-с від 28.02.2025

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 1.12.2025 року

3. Вихідні дані до работ: аналіз наукової літератури щодо методів захисту металевих поверхонь від корозії, фізико-хімічні властивості компонентів мастик, таких як бітум М-100, КО-СЖК і уайт-спірит, а також технічні характеристики зразків зі сталі Ст3; науково-технічна база з дослідження корозії, фізико-хімічні характеристики матеріалів, експлуатаційні умови роботи сільськогосподарської техніки, технологічні вимоги до захисних покриттів, економічні критерії доступності матеріалів та методичне забезпечення для проведення експериментальних досліджень.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1. Стан питання і завдання дослідження

4.2. Обґрунтування параметрів моделі технічного забезпечення для зберігання сільськогосподарської техніки

4.3. Результати експериментальних досліджень

4.4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

4.5. Техніко-економічне обґрунтування впровадження рекомендацій щодо полірування лакофарбових поверхонь

5. Перелік графічного ілюстраційного матеріалу:

графічна частина до кваліфікаційної роботи оформляється у вигляді презентації.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4	<i>Березовецький С.А., к.т.н., доцент кафедри машинобудування</i>			
5	<i>Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва</i>			

7. Дата видачі завдання «28» лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Стан питання і актуальність дослідження	28.02.25-25.04.25	Виконано
2	Обґрунтування параметрів моделі технічного забезпечення умов зберігання сільськогосподарської техніки та обладнання	28.04.25-27.06.25	Виконано
3	Методика експериментальних досліджень	30.06.25-29.08.25	Виконано
4	Результати експериментальних досліджень	01.09.25-26.09.25	Виконано
5	Охорона праці та навколишнього середовища	29.09.25-31.10.25	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	03.11.24-14.11.25	Виконано
7	Оформлення графічної частини	17.11.25-28.11.25	Виконано

Студент _____ Назарій ПЕТРИК
(підпис)

Керівник роботи _____ Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ
(підпис)

УДК 631.372:620.193.6:665.775

Обґрунтування інженерно-технологічних рішень у машинобудуванні для запобігання атмосферній корозії. Петрик Назарій Романович. Кафедра машинобудування. Дубляни, Львівський НУВМБТ. 2025.

53 с. текст. част., 9 рис., 8 табл., 22 літературних джерел.

У магістерській роботі досліджено проблему атмосферної корозії, яка істотно впливає на тривалість служби сільськогосподарської техніки в умовах агресивних середовищ. На основі отриманих результатів обґрунтовано необхідність створення антикорозійних матеріалів із покращеними експлуатаційними характеристиками та розширеними можливостями застосування.

Упродовж дослідження розроблено дві модифіковані бітумні мастики M_1 і M_2 , до складу яких входять мазут М-100, бітумно-каучукові та атактичні полімерні суміші у поєднанні з присадкою КО-СЖК. Визначено, що таке поєднання компонентів забезпечує стабільність структури мастик, підвищену адгезію до металевих поверхонь та стійкість до дії агрохімікатів.

Під час експериментальних досліджень у корозійно-активних середовищах, зокрема в розчинах мінеральних добрив і дорожніх реагентів, встановлено, що мастики M_1 і M_2 істотно знижують швидкість корозійних процесів і демонструють вищу захисну ефективність порівняно з промисловими зразками. Підтверджено їхню здатність формувати довготривалий захисний шар, який перешкоджає проникненню агресивних речовин до металу.

У роботі також розглянуто питання охорони праці, що охоплюють умови виготовлення, нанесення та подальшої експлуатації мастик. Визначено вимоги щодо суворого дотримання технологічних регламентів, мінімізації впливу шкідливих чинників на працівників і належної утилізації залишків матеріалів, що сприяє зменшенню техногенного навантаження.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1. Особливості експлуатації та зберігання сільськогосподарської техніки та обладнання в умовах агресивного середовища.....	8
1.2. Організаційно-технічні аспекти зберігання машин та обладнання у господарстві	13
1.3. Вивчення та порівняння наявних технологій зберігання сільськогосподарської техніки та обладнання.....	15
1.4. Експлуатаційні забруднення сільськогосподарських машин та їх вплив на стан обладнання	17
1.5. Методи й технічні рішення для запобігання атмосферній корозії сільськогосподарської техніки та обладнання	19
Висновки за розділом 1	22
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ЗБЕРІГАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ТА ОБЛАДНАННЯ.....	24
Висновок за розділом 2	29
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	30
3.1. Методика та обладнання для проведення експериментальних досліджень	30
Висновок за розділом 3	35
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	36
Висновок за розділом 4.....	44
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	46
5.1. Загальні положення з охорони праці.....	46
5.2. Безпека при виробництві та застосуванні мастик.....	46
5.3. Охорона навколишнього середовища	47
5.4. Організація безпечного зберігання мастик і компонентів	47
5.5. Рекомендації з підвищення екологічної безпеки	48
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52

ВСТУП

Проблема забезпечення тривалої та надійної роботи сільськогосподарських машин та обладнання посідає важливе місце в сучасному машинобудуванні, особливо з огляду на інтенсивність експлуатації техніки в аграрному секторі. Машини працюють у складних умовах, що включають вплив агресивних речовин, нестійкі кліматичні фактори та постійний контакт із добривами й пестицидами. Такі умови призводять до прискореного зношування конструкцій і сприяють розвитку атмосферної корозії.

Атмосферна корозія є однією з головних причин передчасного виходу з ладу металевих елементів сільськогосподарських машин та обладнання. Її наслідками є скорочення строку служби техніки, зростання витрат на ремонт і обслуговування, зниження продуктивності та ефективності виробничих процесів. Тому підвищення стійкості машин до корозійних впливів розглядається як важливий напрям для забезпечення їх довговічності та надійності.

Метою дослідження є збільшення довговічності сільськогосподарської техніки та обладнання шляхом створення нових рецептур бітумних мастик з поліпшеними антикорозійними характеристиками, які відповідають сучасним вимогам ефективності, економічності та екологічної безпечності.

Для досягнення поставленої мети визначено низку завдань: аналіз факторів, що спричиняють атмосферну корозію техніки; вивчення існуючих методів захисту; розроблення нових рецептур бітумних мастик із використанням доступних компонентів, зокрема КО-СЖК; проведення експериментальних досліджень у лабораторних і реальних умовах; порівняння отриманих результатів із характеристиками промислових антикорозійних матеріалів.

У роботі застосовано аналітичні та експериментальні методи дослідження, що дозволяють всебічно оцінити вплив корозії на техніку та визначити ефективність запропонованих способів захисту. Дослідження включає фізико-хімічний і порівняльний аналізи, необхідні для обґрунтування вибору компонентів мастик.

Предметом дослідження є конструкційні матеріали та технології захисту сільськогосподарської техніки та обладнання від атмосферної корозії з використанням бітумних мастик.

Об'єктом виступають машини та обладнання, що працюють у середовищі з високою вологістю, у контакті з агресивними мінеральними добривами та іншими корозійно-активними речовинами.

Наукова новизна роботи полягає у запропонуванні нових рецептур бітумних мастик на основі доступних та екологічно безпечних складників. Розроблені матеріали демонструють високу ефективність захисту навіть у середовищах, де прискорюється руйнування металевих поверхонь, зокрема під дією мінеральних добрив та інтенсивної вологості.

Отримані результати мають істотне теоретичне та практичне значення, оскільки сприяють підвищенню надійності сільськогосподарських машин, удосконаленню виробничих процесів та зменшенню економічних втрат, пов'язаних із корозійним зношуванням техніки.

.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Особливості експлуатації та зберігання сільськогосподарської техніки та обладнання в умовах агресивного середовища

Сільськогосподарські машини та обладнання працюють у середовищах, що суттєво відрізняються від стандартних умов машинобудівної галузі. Техніка зазнає впливу комплексу зовнішніх факторів, які визначають режим її роботи та характер зношування. Через обмежені можливості закритого зберігання значна частина машин розміщується на відкритих майданчиках, де вони потрапляють під дію атмосферних опадів, сонячної радіації, температурних перепадів, а також газів і аерозолів, що містять корозійно-активні речовини. За таких умов на поверхнях металевих конструкцій інтенсифікуються процеси атмосферної та електрохімічної корозії.

Корозійне ураження є одним із найпоширеніших видів технічного зносу машинобудівних виробів, особливо тих, що працюють у сільському господарстві. Руйнування захисних плівок, втрата металу, зниження міцності елементів конструкцій та порушення працездатності вузлів призводять до скорочення строку служби обладнання, підвищення експлуатаційних витрат і збільшення частоти ремонтів [2–4].

Інтенсивність перебігу корозійних процесів залежить від агресивності середовища, тривалості його дії, хімічного складу конструкційного матеріалу, структури металу, наявності залишкових чи зовнішніх напружень, якості обробки поверхонь, а також від технічних рішень, закладених у конструкцію машини. Наявність зварних швів, різьбових, болтових і заклепкових з'єднань, шорстких ділянок після механічної обробки, невентильованих порожнин, щілин і зон контакту різнорідних металів створює передумови для локального розвитку корозії та утворення гальванічних пар [2, 3].

Найбільш агресивними до металевих конструкцій машин є гази, що продукуються у процесі рослинництва й тваринництва, а також речовини, що потрапляють у повітря під час внесення добрив та обробки ґрунту. До них

належать діоксид сірки (SO_2), аміак, вуглекислий газ, сірководень, хлористий водень та інші домішки. Прискорення корозії особливо помітне, коли відносна вологість повітря перевищує критичні значення $\psi_{\text{кр}}$ [5], наведені у таблиці 1.1.

Утворення корозійного середовища пов'язане з формуванням на поверхні металу тонкої вологової плівки, яка містить розчинений кисень і агресивні йони. Ці компоненти активують електрохімічні процеси, що призводять до окиснення заліза. Основними продуктами корозії є гідроксид заліза FeOOH (70–80%) та оксид заліза Fe_2O_3 (10–20%). Частка інших сполук, таких як FeO , Fe_3O_4 та FeSO_4 , є незначною і не перевищує 0,9%. Гідроксид заліза має виражену гігроскопічність, який підсилює здатність поверхні поглинати вологу та прискорює капілярну конденсацію, що, у свою чергу, пришвидшує корозійне руйнування матеріалу.

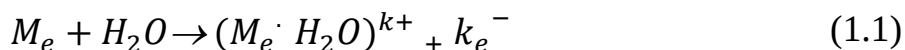
Таким чином, експлуатація й зберігання машинобудівної продукції в аграрному секторі пов'язані з високою корозійною небезпекою, що вимагає застосування ефективних антикорозійних матеріалів, удосконалення конструктивних рішень та розроблення технологій захисту, спрямованих на подовження ресурсу техніки.

Таблиця 1.1 – Залежність $\psi_{\text{кр}}$ від стану поверхні металу

Метал	Стан поверхні і склад атмосфери	$\psi_{\text{кр}} \%$
Залізо	Чиста поверхню і чисте повітря	Близько 100
	Чиста поверхню і 0,01% SO_2 в повітрі	70
	Попередній контакт поверхні з водою	65
Мідь	Попереднє окислення поверхні в чистому повітрі	87
	Попередній вплив на поверхню SO_2	80

Частинки пилу, вугілля, шлаку та золи, що осідають на поверхнях деталей машин, здатні формувати локальні корозійні зони, оскільки в місцях їхнього контакту з металом відбувається інтенсивна адсорбція вологи. Додатково, значна частина таких частинок містить розчинні домішки, які, взаємодіючи з водою, утворюють електролітні плівки. Це створює сприятливе середовище для розвитку

анодних процесів окиснення металу, що пришвидшує формування корозійних уражень.



Реакція (1.1) описує процес втрати металу внаслідок корозійного руйнування. Коли перебіг такої реакції зосереджується на окремих ділянках поверхні, це призводить до локального пошкодження конструкційного матеріалу. Утворюються пітинги, корозійні виразки, відбувається руйнування міжзернових меж, можливий розвиток внутрішньокристалічної корозії. Глибина таких дефектів може досягати 860 мкм на рік, що суттєво знижує міцність елементів і погіршує експлуатаційні властивості машинобудівних виробів.

Найбільшого корозійного ураження зазнають сталеві конструкції, що зберігаються безпосередньо на поверхні ґрунту, - їх річні втрати металу можуть становити до 208 г/м² [6]. Для виробів, розміщених на відкритих майданчиках, ці втрати є приблизно у 1,4 раза меншими, тоді як у неопалюваному закритому приміщенні – у понад 8 разів нижчими.

Різкі добові коливання температури, характерні для вересня–жовтня, а також підвищена температура і вологість періоду березень–травень, істотно прискорюють перебіг корозійних процесів. Ситуація ускладнюється у випадках, коли деталі машин контактують з агресивними речовинами. У присутності мінеральних або органічних добрив, отрутохімікатів та ґрунтової вологи інтенсивність атмосферної корозії може зростати у 10 разів і більше.

Зі збільшенням вологості добрив підвищується ступінь їх електролітичної дисоціації, що пришвидшує електрохімічне окиснення металу [6]. Хоча надмірна вологість сама по собі каталізує корозійні процеси, їх можна частково уповільнити за рахунок зменшення надходження кисню до металевої поверхні. Для кожного виду добрив, залежно від їх здатності утримувати вологу, існує певне оптимальне значення швидкості корозійного ураження [7, 8]. Найбільш агресивні мінеральні та органічні добрива за показниками корозійної активності наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Корозійна стійкість конструкційних сталей та характер їх взаємодії з мінеральними й органічними добривами

Найменування добрив	Корозія сталей, г/(м ² ×год)				
	Ст. 3	35	45	45Х	У8
Мідний купорос	2078	2248	2942	4285	2265
Нітрофоска	886,9	938,0	984,2	1342,0	932,6
Аміачна селітра	399,8	494,1	522,3	616,8	651,1
Суперфосфат	359,0	446,0	372,5	489,1	339,0
Сечовина	342,0	368,0	371,7	235,0	353,4

Аналіз виробничого процесу хімізації агропромислового комплексу свідчить про наявність трьох послідовних етапів. На першому здійснюють підготовку та приготування добрив із застосуванням спеціалізованих машин і технологічного обладнання. На другому етапі забезпечують транспортування, переробку та зберігання добрив. На третьому — проводять їх внесення у ґрунт перед посівом, у процесі сівби та в період вегетації рослин. Спосіб внесення поділяють на поверхневий та внутрішньогрунтовий [4].

Машини для внесення добрив класифікують за типом конструкції та способом агрегування — це причіпні, самохідні та навісні тукорозкидачі, а також машини для внутрішньогрунтового внесення. Залежно від виду добрив застосовують розкидачі рідких, твердих мінеральних або органічних речовин [5, 7].

Сучасний технологічний процес внесення добрив включає транспортування матеріалу з бункера (або кузова) за допомогою живильника, подачу через дозувальний механізм і подальший розподіл по ширині захвату машини. Для цього використовують дискові, роторні, пневматичні чи штангові робочі органи. Керування заслінками може бути механічним, гідравлічним або електронним, залежно від конструкції машини. Після поверхневого внесення добрива закладають у ґрунт за допомогою культиваторів, борін та плугів.

Для внутрішньогрунтового способу використовують спеціалізовані, комбіновані й універсальні агрегати у навісному, напівнавісному або причіпному виконанні. Глибокорозпушувачі КПГ-2,2 та ГУК-4 дозволяють вносити добрива «екраном» одночасно зі здійсненням плоскорізного обробітку ґрунту. Універсальна машина МПК-4 за один робочий прохід забезпечує культивуацію, розпушування, стрічкове внесення добрив та вирівнювання поверхні поля.

Комбіновані зернотукові сівалки СЗК-3,6, а також сівалки СЗ-3,6, СЗУ-3,6, посівні агрегати АУП-18.05 забезпечують рядковий посів зернових та зернобобових культур із одночасним внесенням гранульованих добрив. Конструкція цих машин передбачає подачу насіння та добрив таким чином, щоб у ґрунті вони не контактували між собою.

Картоплесадильні машини СКС-4, СКМ-3, СКМ-6, СН-4Б оснащені туковисівними апаратами АТ-2А і АТД-2, що забезпечують синхронне внесення добрив і висаджування посадкового матеріалу.

Культиватори-рослинопідживлювачі КРН-4,2, КРН-5,6, КРН-8,4, КОР-4,2, культиватор-огортач КОН-2,8ПМ та культиватор-гребнеутворювач КГФ-2,8 використовують для міжрядного підживлення просапних культур рідкими чи твердими мінеральними добривами.

Конструктивно машини для внесення добрив містять ємність (бункер), живильний вузол, дозувальний пристрій, робочий орган для розподілу матеріалу та елементи, що забезпечують перенесення добрив до ґрунту або на поверхню поля. Особливості їхньої конструкції зумовлюють постійний контакт робочих органів з агресивними середовищами.

Як і інша сільськогосподарська техніка, обладнання для внесення мінеральних добрив працює сезонно, а в періоди простою зазнає дії атмосферної корозії. Під час експлуатації корозійні процеси посилюються через контакт із мінеральними добривами або їх розчинами в умовах підвищеної вологості. Елементи машин, що взаємодіють із добривами безпосередньо, потребують особливо ретельної консервації та захисту перед тривалим зберіганням, оскільки

від їхнього стану залежить точність дозування, рівномірність розподілу та надійність роботи обладнання.

1.2. Організаційно-технічні аспекти зберігання машин та обладнання у господарстві

Під час експлуатації та у період зберігання машини та обладнання зазнають корозійного руйнування робочих поверхонь під впливом атмосферних чинників. У більшості сільськогосподарських підприємств застосовують комбінований підхід до зберігання техніки в міжсезоння.

Процес зберігання є важливою складовою системи технічного обслуговування машинно-тракторного парку. Рационально організоване зберігання сприяє подовженню ресурсу техніки, забезпечує збереження її працездатності у неробочий період і дає змогу мінімізувати витрати на подальшу експлуатацію. Технічні засоби розміщують у закритих приміщеннях, під навісами або на відкритих майданчиках, залежно від конструктивних особливостей машин та умов господарства [5].

Рисунок 1.1 – Розміщення самохідної сільськогосподарської техніки та обладнання в ангарах, майстернях та під навісами.

На практиці значна частина сільськогосподарських знарядь та обладнання перебуває на зберіганні під відкритим небом. Комбайни та трактори частіше розміщують у ангарах, майстернях або під навісами (рис. 1.1). Водночас навісне й

причіпне обладнання, а також частина тракторів нерідко залишаються на відкритих майданчиках (рис. 1.2).

Рис. 1.2 – Трактори, сільськогосподарська техніка та обладнання, розміщені на зберігання на відкритому майданчику

Досить часто техніка та обладнання, розміщена на відкритих майданчиках, перебуває у стані часткового забруднення залишками мінеральних добрив, що значно прискорює розвиток корозійних процесів (рис. 1.3).

Рисунок 1.3 - Посівний агрегат АУП-18.05, розміщений на зберігання на відкритому майданчику

Аналіз практики зберігання сільськогосподарських машин у господарствах показує, що на перший погляд техніка розміщується відповідно до наявних типів сховищ і прийнятих методик. Проте детальніший розгляд виявляє низку недоліків. У багатьох випадках техніка встановлюється безсистемно: нерідко

трапляються ситуації, коли застарілий трактор МТЗ-80 розміщено в ангарі, тоді як сучасний імпортований трактор Case залишається під відкритим небом.

Поверхові огляди машин після зимового зберігання свідчать про наявність корозійних уражень на зварних швах, різбових і болтових з'єднаннях. Такі дефекти зазвичай проявляються навесні, що вказує на інтенсивний перебіг корозійних процесів у період неробочого стану.

Основною причиною є недостатнє очищення техніки перед постановкою на зберігання, а іноді й повна відсутність будь-яких підготовчих операцій. Аналогічна ситуація спостерігається і з консервацією: у багатьох господарствах робочі органи - наприклад, леміші - обробляють відпрацьованим мастилом, що не забезпечує належного рівня антикорозійного захисту.

Часто подібні недоліки спричинені нехтуванням правилами зберігання, невиконанням регламентів технічного обслуговування та недостатнім рівнем знань щодо методик консервації машин. Тому питання підвищення якості та культури зберігання техніки залишається актуальним і потребує подальшого вдосконалення.

1.3. Вивчення та порівняння наявних технологій зберігання сільськогосподарської техніки та обладнання

Корозійні процеси є однією з основних причин втрати працездатності машин та обладнання, спричиняючи до 33% відмов [8], знижуючи міцність вуглецевих сталей і сірого чавуну на 40–55% та збільшуючи зношування спряжених вузлів у 2–4 рази. Щорічні витрати на ліквідацію наслідків корозійного руйнування становлять до 30% загальних витрат, пов'язаних із відновленням технічного стану машин і агрегатів [8, 10, 11].

Допускається зберігання техніки на відкритих майданчиках за умови обов'язкового виконання вимог консервації та герметизації. Окремі вузли й деталі, що потребують спеціальних умов, демонтують і розміщують у складських

приміщеннях. Зберігання тривалістю від десяти днів до двох місяців вважають короткостроковим, понад два місяці - тривалим.

Перед постановкою машин на зберігання проводять технічний огляд і виконують регламентоване технічне обслуговування. Підготовчі роботи здійснюють працівники, за якими техніка закріплена. Машини, що очікують ремонту, зазвичай розміщують у режимі короткочасного зберігання, а якщо термін очікування перевищує два місяці - застосовують правила тривалого зберігання.

Короткочасне зберігання передбачає збереження машин у зібраному вигляді, окрім гумотехнічних виробів, таких як транспортерні стрічки й полотна, які передають на склад. Акумуляторні батареї від'єднують, а щільність і рівень електроліту приводять до нормативних значень. У холодний період з охолоджувальної системи зливають воду. Машини з пневматичними шинами, що перебувають на зберіганні понад десять днів, установлюють на підставки так, щоб між шиною та опорною поверхнею залишався просвіт 10–12 см; тиск повітря в шинах знижують до 70–80% від норми. Шини покривають захисним мастилом.

Тривале зберігання передбачає повне очищення машин, виконання сезонного технічного обслуговування та консервацію паливної апаратури. Дефекти лакофарбового покриття усувають повністю. Техніку розміщують горизонтально, використовуючи підставки. Під сталеві колеса встановлюють опорні бруски; навісні агрегати та машини з пневматичними шинами також піднімають на підставки або козли. Вузли й деталі, що потребують особливого режиму зберігання, демонтують і переміщують у закриті складські приміщення. Відкриті шарнірні з'єднання механізмів навішування, підйомні вузли та елементи рульового керування очищають і змащують, а штоки гідроциліндрів покривають захисним мастилом. Тиск у шинах знижують, а гумові деталі та шланги обробляють світлозахисними мастилами. Гнучкі шланги дозволяється обмотувати парафінованим папером; пружини за можливості розвантажують.

Місця зберігання вибирають залежно від конструкційних вимог та можливостей господарства. Закритий спосіб передбачає утримання техніки у

сараях і гаражах, зазвичай неопалюваних. Відкриті майданчики розміщують не ближче ніж 50 м від житлових, виробничих і складських приміщень та на відстані понад 150 м від нафтосховищ. Такі майданчики мають бути розташовані на сухих, не затоплюваних ділянках, обов'язково обладнаних водовідвідними канавами. Поверхню роблять рівною, з невеликим ухилом для стоку води, із твердим асфальтовим або бетонним покриттям, здатним витримувати навантаження від техніки під час пересування чи зберігання. Площа майданчика визначається кількістю та габаритами машин. Мінімальна відстань між окремими одиницями техніки становить 0,7 м, а між рядами - 6 м.

Техніку на відкритому майданчику рекомендують розміщувати відповідно до її типу та марки. До кожної машини прикріплюють бирку із зазначенням моделі та інвентарного номера.

1.4. Експлуатаційні забруднення сільськогосподарських машин та їх вплив на стан обладнання

Під час експлуатації сільськогосподарські машини накопичують значні об'єми забруднень, що осідають на поверхнях конструкційних елементів і робочих органів. У структурі технічного обслуговування й ремонту очищення поверхонь відіграє важливу роль і займає понад 15% загального часу робіт, оскільки якість подальших технологічних операцій - фарбування, змащування, дефектування, регулювання чи складання - безпосередньо залежить від ефективності видалення експлуатаційних відкладень.

До основних різновидів забруднень належать маслянисто-грязьові нашарування, жирові плівки, продукти корозії, залишки отрутохімікатів і мастильних матеріалів, залишки старих лакофарбових покриттів, а також технологічні забруднення, що виникають під час ремонту.

Рослинні залишки є характерними для машинно-тракторного парку, який працює в польових умовах. Солома, солоха та дрібні частинки рослин у суміші з ґрунтом і пилом накопичуються на зовнішніх поверхнях і в технологічних

порожнинах. Волога та рослинні соки сприяють щільному прилипанню таких забруднень. Вони належать до слабозв'язаних і мають щільність 40–100 кг/м³ [13]. Їх видалення виконують гідродинамічними методами, що відповідає машинобудівним вимогам до очищення перед ремонтом.

Маслянисто-грязьові відкладення утворюються внаслідок взаємодії мастил із частинками дорожнього бруду. У ряді випадків мастило проникає в бруд і фіксує частинки на поверхні вузлів. Такі забруднення є сильнозв'язаними і характеризуються щільністю 900–2000 кг/м³ [10]. Для їх видалення застосовують органічні розчинники та спеціальні мийні склади, що забезпечують очищення деталей перед дефектуванням та відновлювальними роботами.

Старі лакофарбові покриття розглядають як зовнішнє забруднення, оскільки їх необхідно видаляти під час капітального ремонту, підготовки до фарбування чи відновлення геометрії. Вони відносяться до середньозв'язаних забруднень зі щільністю 220–920 кг/м³ [12, 16–18], а їх зняття виконується механічними або хімічними методами згідно з технологічними вимогами машинобудування.

Залишки отрутохімікатів формують складну мінерало-органічну суміш, у якій містяться залишки ґрунту, мастил та компонентів хімічних препаратів. Вони мають щільність 960–1600 кг/м³ і відносяться до сильнозв'язаних забруднень [20]. Такі відкладення особливо небезпечні для металевих поверхонь через високу корозійну активність.

Корозійний вплив мінеральних та органічних добрив проявляється по-різному. Для суперфосфату, аміачної селітри та сечовини характерна рівномірна корозія, тоді як нітрофоска та мідний купорос спричиняють локальні ураження у вигляді пітингів, що здатні руйнувати деталі навіть за незначних втрат металу [20]. Швидкість корозії у середовищі органічних добрив у 2,5–5 разів перевищує корозію на відкритому повітрі [19], що є критичним для відповідальних елементів машин, включаючи рамні конструкції, кріпильні деталі та робочі органи.

Продукти корозії також належать до забруднень. На сталевих поверхнях утворюється гідрат окису заліза з характерним червоно-бурим забарвленням, на алюмінієвих — гідрат окису алюмінію у вигляді світлого нальоту. Вони є

сильнозв'язаними (щільність 1800–2200 кг/м³) [19] і потребують видалення інгібованими кислотними розчинами, що відповідає технологічним вимогам машинобудівного виробництва.

Технологічні забруднення виникають під час ремонту та монтажних робіт. До них належать металева стружка, залишки притирочних паст, частинки зношування, консерваційні покриття. Наявність абразивних зерен у таких забрудненнях є небезпечною для триботехнічних пар, точних з'єднань та гідросистем. Щільність цих забруднень становить 790–1200 кг/м³ [19].

Жирові плівки поділяють за ступенем зажиреності. Перша група представлена тонкими шарами мастил та МОР, змішаними з дрібною стружкою й пилом. Друга включає товсті шари консерваційних і графітових мастил, нагар від шліфувальних паст, що суттєво ускладнюють процес очищення поверхонь перед ремонтом або фарбуванням.

Адгезійно-зв'язані забруднення складаються з часток ґрунту та пилу, що утримуються на поверхні за рахунок молекулярних та електростатичних сил і становлять проблемну групу для механізованого очищення.

Проведений аналіз показує, що якісна підготовка машинобудівних виробів до ремонту або фарбування потребує застосування універсальних установок та технологічних засобів, здатних ефективно видаляти різні типи забруднень, забезпечуючи високу якість поверхні перед подальшими технологічними операціями.

1.5. Методи й технічні рішення для запобігання атмосферній корозії сільськогосподарської техніки та обладнання

Експлуатація сільськогосподарських машин та обладнання має виражений сезонний характер. У період тривалого зберігання на техніку діє сукупність кліматичних факторів, які зумовлюють зміну механічних властивостей та хімічного складу матеріалів, що застосовуються у конструкціях машин. Аналогічні зміни відбуваються у мастильних матеріалах та технічних рідинах, що забезпечують працездатність агрегатів під час роботи. Такі процеси часто

спричиняють погіршення експлуатаційних характеристик техніки та скорочення її ресурсу [1, 8, 20].

Параметри конструкційних матеріалів змінюються під дією сонячного випромінювання, низьких і високих температур, підвищеної вологості, швидкості руху повітря, атмосферних опадів, а також у присутності газів, що активізують корозійні процеси. До таких речовин належать вуглекисла кислота H_2CO_3 , діоксид сірки SO_2 , оксиди азоту NO_x , хлор Cl_2 , аміак NH_3 та інші сполуки, які істотно прискорюють руйнування металів.

Комплексний вплив факторів зовнішнього середовища та їхня дія на показники надійності машин наведено на рис. 1.4. У роботах [6, 19, 21] представлено математичну модель, що описує залежність швидкості корозійного руйнування металів від основних метеорологічних параметрів. Модель має вигляд:

$$K_A = \Sigma K_D + \Sigma K_B + \Sigma K_C \quad (1.2)$$

де K_A - швидкість корозійного зношування металу за рік;

ΣK_D - інтегральний вплив корозійних процесів, спричинених атмосферними опадами;

ΣK_B - загальний корозійний ефект за період знаходження конденсованої води на поверхні машини;

ΣK_C - загальний корозійний ефект за час присутності опадів на поверхні машини.

Проведені авторами дослідження [20, 22] засвідчили, що показники корозійного впливу ΣK_B та ΣK_C визначаються тривалістю перебування води на поверхні машини, яка, у свою чергу, залежить від швидкості вітру, вологості та температури зовнішнього повітря. Інтенсивність розвитку корозії під шаром снігу чи кіркою льоду ΣK_C є несуттєвою порівняно з корозійним впливом, що виникає за наявності води на поверхні машини..

Найбільш значущими чинниками, що визначають швидкість атмосферної корозії, є відносна вологість повітря, наявність у повітрі речовин, які активізують

корозійні процеси, тривалість перебування вологи на поверхні машини та температура зовнішнього повітря.

Рисунок 1.4 - Сукупний вплив кліматичних чинників та їхня дія на показники надійності сільськогосподарської техніки.

Результати досліджень, виконаних у [21], засвідчили, що між швидкістю корозії та кількістю атмосферних опадів відсутній прямий зв'язок. Інтенсивність випадання опадів має подвійний вплив: з одного боку, збільшується кількість вологи на металевій поверхні, що активізує корозійний процес, а з іншого боку, вода змиває з поверхні електроліти, солі та тверді частинки, які також сприяють розвитку корозії.

На відкритих майданчиках на повітрі, а також у неопалюваних приміщеннях виникає переважна частина корозійних пошкоджень сільськогосподарської

техніки. Це зумовлено утворенням вологової плівки внаслідок періодичної дії атмосферних чинників [13, 22].

За умов неправильного зберігання робочі органи сільськогосподарських машин окислюються та вкриваються ржавиною під впливом атмосферних факторів. Корозія бункерів, дозувальних механізмів, тарілок і дисків розкидачів, елементів висівного апарата, котушок, заслінок і тукопроводів може спричинити відмови тукорозкидальних машин у найбільш напружений період польових робіт. Корозійні ушкодження тонколистового бункера для зберігання туків порушують його герметичність, що призводить до втрат мінеральних добрив.

Висновки за розділом 1

Корозійні процеси є однією з основних причин зменшення довговічності та працездатності сільськогосподарської техніки, що істотно збільшує витрати на її ремонт і відновлення. Упродовж строку використання підприємства змушені інвестувати у відновлення працездатності машин, які зазнають інтенсивної корозії, суми, що перевищують їх вартість у 2–3 рази.

Зварні з'єднання в конструкціях сільськогосподарських машин особливо чутливі до корозійних пошкоджень через наявність зовнішніх дефектів, таких як подрізи, непровари та кратери, що прискорює розвиток рівномірної корозії. Під дією атмосферної корозії протягом 12 місяців втомна міцність зварних з'єднань, виготовлених ручним дуговим зварюванням, зменшується на 45–47%, газовим зварюванням – на 28–40%, а точковим контактним зварюванням – на 52%. Використання консерваційних складів, таких як ІВВС та Інгібі-С, підвищує довговічність зварних з'єднань у 1,7–2 рази, що підтверджує їхню ефективність як тимчасового засобу протикорозійного захисту.

Експлуатаційні умови кормозбиральних комбайнів вирізняються високою агресивністю через вплив соку рослин, зокрема кукурудзи, який містить 0,35–0,39% вільних кислот і має pH 5,1–5,2. У такому середовищі корозія сталі 07кп прискорюється у 4 рази, а сталей Ст. 3 – у 8–9 разів порівняно з водою.

Лакофарбові покриття також руйнуються у 5 разів швидше під впливом рослинного соку, ніж у водному середовищі.

Корозійні ураження металу, особливо тонколистової сталі, негативно впливають на механічні характеристики деталей. Наприклад, після чотирьох років експлуатації міцність кришок барабана кормозбирального комбайна зменшується на 12%, а у зонах їх кріплення до рами, де корозія розвивається інтенсивніше, – на 22%.

РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ЗБЕРІГАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Процес консервації сільськогосподарської техніки є невід’ємною складовою експлуатаційного циклу машин і спрямований на збереження їх працездатності, безвідмовності та довговічності у міжсезонний період [14]. Через сезонний характер роботи машинно-тракторного парку тривалі періоди простою супроводжуються комплексним впливом зовнішніх чинників, які можуть суттєво погіршувати технічний стан машин і характеристику їхніх основних конструкційних елементів. Саме тому якісна консервація розглядається як необхідна умова збереження надійності та мінімізації деградаційних процесів, пов’язаних зі старінням та корозійним руйнуванням матеріалів.

Збереженість техніки визначається її здатністю протистояти сукупності негативних зовнішніх умов, що виникають під час зберігання. До таких чинників належать температурні коливання, вологість, інтенсивність сонячного випромінювання, наявність агресивних домішок в атмосфері, а також забруднення, що прискорюють корозію та погіршують роботу захисних покриттів. Для підтримання початкового рівня надійності машин необхідно забезпечити надійний захист їхніх складових частин від хімічного та фізичного старіння, електрохімічного руйнування поверхні та деградації мастильних матеріалів.

Комплекс заходів із якісної консервації потребує значних ресурсів: фінансових, матеріальних, трудових, енергетичних і технічних. Витрати виникають як на етапах проєктування й виробництва техніки (коли враховується можливість тривалого зберігання), так і під час експлуатації в господарстві. У цьому контексті збереженість техніки визначається не лише властивостями матеріалів, а й рівнем організованості догляду, кваліфікацією персоналу та здатністю господарства забезпечити відповідні умови зберігання. Надійність

машин є результатом взаємодії конструкційних рішень, природних умов та обраних технологій консервації.

Проведений системний аналіз дозволив сформулювати структурну модель взаємозв'язку між основними компонентами ресурсного зберігання сільськогосподарської техніки (рис. 2.1). Розроблена модель описує складну багаторівневу систему, у якій поєднуються кліматичні й техногенні впливи, ресурсні можливості зберігання та технології захисної обробки. Кліматичні й техногенні чинники охоплюють дію атмосферного кисню, опадів, сонячної радіації, агресивних газових домішок, тепла, конденсованої вологи та різного роду забруднень, які активують процеси корозії, деформацій і поступового руйнування конструкційних матеріалів. Ресурсний потенціал зберігання визначається наявністю матеріальних, енергетичних і технічних засобів, необхідних для забезпечення належного середовища зберігання. Технології консервації охоплюють методи, засоби та прийоми захисту, які застосовуються для мінімізації шкідливого впливу зовнішніх чинників.

У процесі зберігання параметри всієї системи постійно змінюються під впливом деградаційних процесів, що супроводжують старіння техніки. Відбувається поступове зниження надійності конструкційних матеріалів, руйнування захисних покриттів, зміна властивостей мастильних матеріалів та зростання чутливості машин до корозійних навантажень. Це обумовлює необхідність періодичного контролю стану техніки та коригування технологій зберігання.

Корозійна агресивність атмосфери значною мірою залежить від кліматичних особливостей конкретного регіону. Вміст вологи, кількість опадів, температура, наявність агресивних хімічних домішок - усе це визначає швидкість корозійних процесів і, відповідно, рівень ресурсів, які необхідно витратити для ефективного зберігання машин. Врахування зональних відмінностей дозволяє оптимізувати витрати, забезпечити достатній рівень захисту та продовжити експлуатаційний ресурс техніки під час зберігання в різних кліматичних умовах.

Рисунок 2.1 – Структурна модель формування с.-г. машин та обладнання для збільшення її ресурсу

Ресурсний потенціал збереження техніки та обладнання безпосередньо пов'язаний із можливостями ресурсного забезпечення технології консервації та охоплює комплекс складових, від яких залежить якість і надійність зберігання сільськогосподарських машин. Одним із базових елементів цього комплексу є нормативно-технологічний компонент, що передбачає дотримання вимог

державних і галузевих стандартів, настанов, технологічних регламентів і конструкторської документації. Саме відповідність чинним нормам дозволяє застосовувати оптимальні методики захисту, правильно підбирати конструкційні матеріали й використовувати перевірені технологічні рішення для запобігання старінню та корозійному руйнуванню вузлів і деталей машин.

Підсистема ресурсного потенціалу зберігання формує довготривалий захисний ефект, створюючи на період міжсезонного простою своєрідний «захисний бар'єр» між технікою та впливом навколишнього середовища. Ресурси, залучені до цієї підсистеми, накопичують її ефективність і визначають ступінь захищеності машин упродовж усього терміну експлуатації.

Забезпечення технології консервації необхідними ресурсами виконує функцію підтримання захисного стану техніки та своєчасного відновлення антикорозійного бар'єру. Завдяки цьому відбувається гальмування старіння конструкційних матеріалів і продовження строку служби агрегатів. Зазначена підсистема працює в умовах циклічного оновлення, адже ресурси, що забезпечують консервацію, потребують регулярного поповнення, модернізації та технічного обслуговування.

До структури ресурсів цієї підсистеми входять кілька груп.

Перша група охоплює трудові ресурси, що забезпечують виконання механізованих та ручних операцій консервації. Для виконання технічно складних робіт залучають кваліфікований персонал, тоді як допоміжні процеси можуть виконувати працівники без спеціальної підготовки.

До матеріальних ресурсів належать розчинники, допоміжні хімічні реагенти, компоненти для приготування захисних складів, а також готові консерваційні матеріали. Їх класифікація визначається агресивністю середовища зберігання, типом захисного покриття та вимогами до тривалості консервації.

Технічні ресурси включають засоби герметизації, оснащення для розвантаження та встановлення машин, пристосування для правильного розміщення знятих деталей, інструменти та інший допоміжний інвентар, що застосовується під час підготовчих та заключних операцій.

Окрему групу становлять технічні засоби механізації, що забезпечують виконання операцій із консервації за допомогою енергетичного приводу. До них належать компресори, розподільні пристрої, обладнання для нанесення захисних матеріалів та пристрої для очищення поверхонь. Вони виконують функцію перетворення енергії у форму, придатну для конкретних технологічних дій.

Енергетичні ресурси включають електричні комунікації, кабелі, комутаційні пристрої та інші елементи енергопостачання, необхідні для роботи технічних засобів. Додатково до цієї групи належать енергоносії — паливо для самохідних агрегатів і мобільних електростанцій, що забезпечують енергетичну автономність під час консервації техніки в польових умовах.

Удосконалення механізації процесів консервації передбачає раціональну інтеграцію всіх перелічених ресурсів з метою досягнення економічної ефективності та підвищення продуктивності. Якщо при ручних операціях задіяно три основні групи ресурсів (трудові, матеріальні й технічні), то при механізованому способі робіт до цього комплексу додається повноцінна залученість енергетичної складової. Це розширює можливості системи консервації та забезпечує стабільність її роботи при значних обсягах обладнання.

У машинобудівному підході технологічне оснащення та технічні засоби відіграють визначальну роль у підвищенні ефективності консерваційних робіт. Ці ресурси можна розглядати як багаторазові, тоді як трудові ресурси, матеріали та енергоносії є витратними і використовуються на кожному циклі обробки техніки. Забезпечення оптимального співвідношення між багаторазовими та витратними ресурсами дозволяє підвищити економічність технології та продовжити ресурс машинно-тракторного парку.

У межах агроінженерних процесів важливим є врахування взаємодії між підсистемами ресурсного забезпечення. Модель консервації передбачає існування прямих і зворотних зв'язків, які визначають ефективність антикорозійного захисту. Наприклад, у регіонах із високою вологістю або різкими температурними коливаннями зростають вимоги до матеріалів, енергетичного забезпечення та технологічних прийомів консервації.

Оцінювання ефективності ресурсів консервації повинно враховувати взаємозв'язок між обсягами вкладень та реальними потребами, що визначаються не лише кліматичними умовами, а й конструктивними особливостями машин, типом покриття, ступенем зношеності техніки та тривалістю міжсезонного простою. Це забезпечує обґрунтований вибір засобів захисту та оптимізацію витрат на зберігання сільськогосподарських машин у різних умовах експлуатації.

Висновок за розділом 2

У другому розділі проведено обґрунтування параметрів технічної моделі зберігання сільськогосподарської техніки та обладнання і проаналізовано чинники, що визначають її збереженість у міжсезонний період. Встановлено, що тривала дія кліматичних та техногенних факторів призводить до старіння конструкційних матеріалів, корозійного руйнування та зміни властивостей мастильних і захисних покриттів.

Сформована структурна модель ресурсного забезпечення зберігання поєднує вплив зовнішнього середовища, ресурсний потенціал збереження та технологію консервації. Показано, що якість захисту значною мірою залежить від дотримання нормативно-технологічних вимог, а також від наявності відповідних трудових, матеріальних, технічних та енергетичних ресурсів.

Запропонований підхід дозволяє раціонально поєднувати багаторазові технічні засоби та витратні матеріали, забезпечуючи стабільне відновлення захисних властивостей машин під час консервації. Урахування регіональних кліматичних умов сприяє оптимізації витрат на зберігання та підвищує довговічність машинно-тракторного парку.

Отже, розроблена модель технічного забезпечення створює передумови для підвищення надійності, зменшення корозійних втрат та забезпечує ефективне функціонування сільськогосподарської техніки та обладнання в умовах тривалого зберігання.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Методика та обладнання для проведення експериментальних досліджень

Виробничі дослідження елементів технології консервації тукорозкидальних машин, а також випробування навісного агрегату для нанесення захисних складів виконувалися безпосередньо на майданчиках зберігання техніки сільськогосподарських підприємств Львівської області. Такі умови дозволили оцінити ефективність складів у реальних експлуатаційних ситуаціях, де техніка зазнає дії атмосферних факторів та агресивних середовищ, характерних для добрив і продуктів їх розкладу.

Протикорозійна здатність консерваційних матеріалів визначається складом інгредієнтів, що зменшують інтенсивність електрохімічного руйнування металів або підвищують атмосферостійкість покриття. На основі аналізу властивостей нафтохімічної продукції та її стабільності у корозійно-активних середовищах було сформовано перелік рекомендованих компонентів для виготовлення захисних складів на мазутній основі.

У якості базового носія застосовано мазут М-100 - складну суміш вуглеводнів, нафтових смол, асфальтенів, карбенів і карбоїдів, що забезпечують необхідну в'язкість та адгезію покриття до металевої поверхні. Для підвищення антикорозійної активності вводили кубові аміни (присадка Емульгін) - термопластичну речовину рожево-коричневого відтінку, у складі якої містяться парафінові вуглеводні, а також первинні та вторинні аміни, здатні пригнічувати електрохімічне окиснення сталі.

Додатковий захисний ефект забезпечувало гарматне мастило ПВК (так зване гарматне сало) - термопластичний матеріал світло-коричневого кольору, що містить петролатум, інгібітори корозії та мастильну оливу. До складу також вводили присадку КО-СЖК - пластичну темно-коричневу речовину, яка складається зі суміші монокарбонових жирних кислот і смолистих продуктів

полімеризації, що забезпечують підвищену вологостійкість і стабільність тонкої захисної плівки.

Уайт-спірит застосовувався як органічний розчинник, що покращує технологічність нанесення та регулює товщину робочого шару покриття. Його вміст впливав на плинність матеріалу та якість формування суцільної захисної плівки.

Випробування проводили відповідно до вимог чинних ДСТУ. Загальна тривалість циклу становила 15 діб. Для моделювання дії мінеральних добрив готували концентровані розчини шляхом змішування 4,5 кг дистильованої води (40–50 °C) з 1 кг гранульованого добрива. У дослідження включали карбамід ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$), сульфат калію (K_2SO_4), хлорид калію (KCl), аміачну селітру (NH_4NO_3) та суперфосфат.

Оцінювання стійкості захисних покриттів здійснювали шляхом занурення металевих пластин, попередньо покритих консерваційними складами, у розчини хлориду натрію та мінеральних добрив (рис. 3.1). Об'єм агресивного середовища становив 15 см^3 на кожен квадратний сантиметр поверхні зразка, що забезпечувало стабільність умов під час випробувань.

Після завершення циклу впливу покриття з пластин знімали розчинником. Для видалення продуктів корозії проводили протруювання у 10% розчині соляної кислоти з додаванням 10 г/л інгібітора ПКУ. Далі пластини промивали водою, очищували спиртом, висушували та зважували на аналітичних вагах для визначення втрат маси металу та оцінки рівня корозійного руйнування.



Рисунок 3.1 - Металеві пластини з нанесеними захисними покриттями, занурені в розчини мінеральних добрив

Для проведення атмосферних випробувань було підготовлено дві партії зразків, по 12 пластин у кожній, виготовлених зі сталі 08кп розміром 120×60×3 мм. Перша партія була покрита інгібованим мазутним складом, до складу якого входили 84% мазуту М-100, 6% кубових амінів (Емульгін) та 10% уайт-спіриту. Друга партія була оброблена бензино-бітумним складом, що містив 35% бітуму та 5% відпрацьованої оливи. Контрольна група зразків залишалась без будь-якого покриття та використовувалася для оцінки реальної інтенсивності корозії під дією атмосферних чинників.

Відмірювання компонентів виконували на електронних вагах ВК-3000 (рис. 3.2), що забезпечувало необхідну точність та повторюваність технологічного процесу. Після зважування усі інгредієнти завантажували у металеві кружки відповідно до рецептури. Суміш для бензино-бітумного покриття додатково накривали кришкою та залишали на 48 годин для набухання та досягнення рівномірної консистенції, необхідної для якісного формування захисної плівки на поверхні пластин.



Рисунок 3.2 - Електронні ваги ВК-3000, використані для відмірювання компонентів захисних складників

Після закінчення етапу набухання компоненти бензино-бітумного складу перемішували до повного розчинення фрагментів бітуму, досягаючи однорідної робочої консистенції. Для видалення механічних домішок та нерозчинених частинок отриманий склад фільтрували через металеву сітку під час переливання в лабораторну склянку. Це забезпечувало рівномірність покриття та запобігало утворенню дефектів на поверхні пластин.

Компоненти інгібованого мазутного складу нагрівали до температури 80–90 °С, що сприяло зниженню в'язкості мазуту та покращенню змішуваності з інгібіторними добавками. Після ретельного перемішування склад також фільтрували у гарячому вигляді, забезпечуючи однорідність і стабільність рецептури. У нагрітому стані, за температури 38–43 °С, інгібований мазутний склад наносили на попередньо зважені пластини за допомогою пензля. Зважування проводили на аналітичних електронних вагах *Radwag PS 1000.X2*, що забезпечувало точність визначення маси до нанесення покриття.

Бензино-бітумний склад наносили на пластини пензлем за умов кімнатної температури. Після покриття обидві партії пластин вертикально підвішували у витяжній шафі на п'ять діб. Це дозволяло надлишку матеріалу безперешкодно стекти та забезпечувало формування рівномірної захисної плівки. Після висихання пластини повторно зважували на вагах *Radwag PS 1000.X2* для визначення маси нанесеного захисного шару [17].

Атмосферні випробування захисних покриттів проводили з урахуванням реальних кліматичних умов Львівської області, що характеризуються високою вологістю, частими опадами та значними температурними коливаннями. З цією метою покриті пластини встановлювали на відкритому корозійному стенді, який забезпечував безперервний вплив атмосферних чинників протягом визначеного періоду дослідження (рис. 3.3).

Рисунок 3.3 - Атмосферні випробування захисних покриттів на відкритому корозійному стенді

Знімання зразків із корозійного стенду виконували через 3 та 6 місяців від початку експозиції. Під час кожного циклу відбору вилучали по три пластини з

кожної партії, що давало можливість забезпечити репрезентативність результатів та простежити динаміку корозійного руйнування у часі.

Після вилучення покриття видаляли шляхом промивання зразків органічним розчинником (уайт-спіритом). Продукти корозії усували методом протруювання в 10% розчині соляної кислоти з додаванням 10 г/л інгібітора ПКУ, що запобігало подальшим корозійним реакціям під час очищення. Очищені зразки промивали дистильованою водою, сушили етиловим спиртом і зважували на аналітичних електронних вагах *Radwag PS 1000.X2*. Різниця маси до та після випробувань дозволяла визначити втрати металу та оцінити ефективність захисних покриттів.

Щільність захисних сумішей у кг/м^3 визначали за допомогою ареометрів типу АОН-1 згідно з вимогами ДСТУ. Для проведення вимірювання суміш нагрівали до температури $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ і заливали у градуйований циліндр. У нагрітий розчин занурювали ареометр АОН-1 та термopару цифрового термометра. У процесі охолодження суміші фіксували температуру та відповідні значення щільності за меніском шкали ареометра. Це дозволяло визначити реологічні властивості складів, необхідні для подальшого прогнозування їхньої поведінки під час експлуатації.

Управління процесом проведення експериментальних вимірювань та подальша обробка результатів здійснювалися на основі персонального комп'ютера за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення у середовищі *LabView*. Такий підхід забезпечував високу точність реєстрації експериментальних даних і давав можливість автоматизувати процес обчислення параметрів.

У контексті аграрної інженерії бітумні мастики відіграють важливу роль як антикорозійний матеріал для захисту елементів сільськогосподарської техніки, що працюють в умовах атмосферної вологості та впливу агресивних хімічних чинників. Завдяки можливості модифікування бітумної основи різними присадками та модифікаторами такі мастики можуть застосовуватися для покриття огорож, труб водопровідних мереж, металоконструкцій та інших вузлів, що піддаються інтенсивним корозійним навантаженням. Комбінування бітуму з

інгібіторами корозії, пластифікаторами та стабілізаторами дозволяє значно покращити експлуатаційні властивості мастик, адаптуючи їх до конкретних умов використання та підвищуючи довговічність техніки.

Висновок за розділом 3

У третьому розділі сформовано методику та підібрано необхідне обладнання для проведення експериментальних досліджень, спрямованих на визначення ефективності захисних покриттів, застосовуваних для сільськогосподарської техніки. Основну увагу зосереджено на аналізі антикорозійних властивостей інгібованих мазутних складів та бензино-бітумних мастик, виготовлених на основі мазуту М-100 і бітуму з додаванням модифікаторів та функціональних присадок.

Експериментальні дослідження проводили відповідно до вимог чинних ДСТУ у корозійно-активних середовищах, зокрема в розчинах мінеральних добрив та хлориду натрію. Додатково виконано атмосферні випробування під відкритим небом у кліматичних умовах Львівської області, що дозволило оцінити реальну стійкість покриттів до атмосферної корозії. Випробування на корозійних стендах підтвердили доцільність застосування розроблених складів для захисту металевих поверхонь у сільськогосподарських умовах.

У ході досліджень використано сучасні засоби вимірювання та аналізу: електронні аналітичні ваги, ареометри, цифрові термометри, а також програмні комплекси для опрацювання експериментальних даних у середовищі *LabView*. Це забезпечило високу точність та відтворюваність результатів.

Отримані результати засвідчили, що інгібовані мазутні склади та бензино-бітумні мастики демонструють високий рівень захисту металевих конструкцій від корозії, зберігаючи свої властивості навіть у контакті з агресивними мінеральними добривами та за умов підвищеної вологості. Встановлені закономірності можуть слугувати основою для розроблення технологічних рекомендацій щодо антикорозійної обробки сільськогосподарської техніки та металоконструкцій аграрного призначення.

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Процес створення нових рецептур бітумних мастик був спрямований на отримання складів, придатних до використання в умовах сільськогосподарських підприємств, де важливо поєднати доступність компонентів, простоту технологічних операцій та можливість виготовлення матеріалу на невеликих виробничих ділянках. Технологія розроблення мастик орієнтувалася на застосування сировини, яка широко представлена на ринку аграрного та будівельного секторів, що дає змогу виробляти мастики без спеціалізованого обладнання та складних виробничих процесів.

Під час підготовки рецептур однією з основних вимог була безпечність технології, особливо з огляду на пожежну небезпеку та можливу токсичність компонентів. Температурні режими, способи плавлення та змішування інгредієнтів добиралися так, щоб знизити ризики для персоналу й забезпечити стабільність технологічного процесу на всіх етапах приготування й нанесення мастик.

В якості базових інгредієнтів використано матеріали нафтохімічного походження, добре відомі у сфері агроінженерії та будівництва. Серед них - дорожній і будівельний бітум, бітумно-каучукові суміші, аеродромні мастики, матеріали, що застосовуються для антикорозійного захисту трубопроводів, а також сланцева мастика, яку використовують при герметизації тепличних конструкцій. Значну роль у формуванні властивостей покриттів відіграє присадка КО-СЖК, що містить залишки синтетичних жирних кислот і виконує функції пластифікатора та інгібітора корозії. Уайт-спірит застосовувався як ефективний розчинник, який полегшує плавлення компонентів і забезпечує рівномірність суміші при температурі 90–110 °C [20].

Розроблені рецептури бітумних мастик демонструють достатній рівень захисних властивостей, що дозволяє успішно застосовувати їх для протикорозійної обробки металевих поверхонь сільськогосподарської техніки. Вони поєднують технологічну зручність, стійкість до атмосферних впливів і

економічну доцільність для аграрного виробництва. Характеристики компонентів та співвідношення інгредієнтів наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Складники різних бітумних мастик та їх характеристики

Бітумні мастики M_1 та M_2 сформовані на основі різних видів бітумних сумішей - каучукової та атактичної. Це забезпечує покращені експлуатаційні властивості покриттів під час застосування на деталях сільськогосподарських машин, які працюють у мінливих кліматичних умовах та за підвищеної вологості. Співвідношення компонентів у мастиках змінюється залежно від рецептури й передбачає комбінування бітуму, сланцевої мастики, спеціальних присадок та уайт-спіриту як розчинника для регулювання в'язкості.

Приготування мастик ґрунтувалося на використанні доступних матеріалів, що вже застосовуються в аграрному виробництві. Це робить такі суміші економічно доцільними для захисної обробки та створює можливість їх виготовлення у невеликих обсягах без потреби у складному обладнанні. Після нагрівання та змішування складників мастики M_1 і M_2 наносили на сталеві пластини зі сталі Ст3 пензлем у два шари з інтервалом близько двох годин при температурі 30–40 °С. Після висихання на поверхні металу утворювалось еластичне темне покриття з високою адгезією та вираженою атмосферостійкістю.

Оцінювання протикорозійних властивостей мастик здійснювали шляхом лабораторних і натурних випробувань. Для дослідження ефективності покриттів використовували 0,5 М розчин хлориду натрію, який моделює агресивні умови, характерні для експлуатації сільськогосподарських машин - особливо в районах інтенсивного застосування мінеральних добрив та обробки ґрунтів.

Порівняння захисних характеристик мастик M_1 і M_2 з промисловими аналогами наведено у таблиці 4.2. Зіставлення показників дозволяє оцінити придатність кожного виду мастики для захисту металевих поверхонь у вологому та хімічно активному середовищі. Дослідження засвідчило, що мастики M_1 та M_2 загалом забезпечують на 15–20% вищий рівень захисту порівняно з поширеними промисловими мастиками. Склад M_1 показав найкращі результати, утримуючи захисні властивості протягом 240 годин випробувань у сольовому середовищі.

Таблиця 4.2 - Захисна ефективність бітумних мастик

Отримані результати підтверджують, що запропоновані мастики забезпечують надійний захист металевих поверхонь від корозійного руйнування в умовах сільськогосподарської експлуатації. Їх застосування дає можливість суттєво підвищити довговічність машин і агрегатів, тому розроблені склади можуть бути рекомендовані для практичного використання з метою подовження ресурсу сільськогосподарської техніки.

Таблиця 4.3 - Захисна здатність мастик в 0,5 М розчині *NaCl*

Швидкість корозії незахищених зразків зі сталі Ст3 становила 1,31 г/м² за добу, що підтверджує високу агресивність середовища 0,5 М розчину *NaCl*. За результатами випробувань мастики М₁, М₂, а також промислові склади *Tectyl-320* і *Gravitech* забезпечили рівень захисту понад 90% після 14 днів експозиції. Найвищу ефективність продемонструвала мастика «Body», захисна здатність якої становила 98%.

Мастики М₁ та М₂ показали практично однакові результати, що свідчить про їхню стабільність та придатність для роботи в умовах високої концентрації хлоридів і циклічної дії вологи. Натомість мастика *Tectyl-332* мала найменший показник захисної дії, імовірно через малу товщину нанесеного шару (0,25 мм), що знижує її бар'єрні властивості.

Узагальнення отриманих даних підтверджує доцільність використання мастик М₁ і М₂ для захисту металевих поверхонь у сільськогосподарському машинобудуванні. Вони забезпечують ефективне протистояння корозії в умовах підвищеної вологості, контакту із солями та тривалої дії агресивних факторів, що дозволяє збільшити ресурс техніки та зменшити експлуатаційні витрати.

Таблиця 4.4 – Хімічний склад мінеральних добрив

Представлена таблиця систематизує основні хімічні компоненти мінеральних добрив, що широко застосовуються в аграрному виробництві, та їхню здатність активізувати електрохімічні корозійні процеси при контакті з металевими поверхнями. Вплив таких речовин, як нітрати, хлориди, фосфати та сульфати, є особливо помітним у вологому середовищі, де вони прискорюють утворення пітингів, міжкристалічної корозії та загального руйнування металу.

Проведені експериментальні дослідження засвідчили, що в умовах дії сухих мінеральних добрив і дорожніх пісочно-сольових сумішей мастики M_1 і M_2 забезпечували повний антикорозійний захист металу, демонструючи захисну здатність на рівні 100%. Такий результат свідчить про сформований мастиками щільний, гідрофобний бар'єр, який перешкоджає проникненню вологи та агресивних йонів у поверхневі шари металу.

Отримані експериментальні дані підтверджують перспективність застосування мастик M_1 і M_2 для консервації та продовження ресурсу сільськогосподарської техніки, що експлуатується в контакті з різними видами добрив і агресивних середовищ. Використання таких покриттів дозволяє мінімізувати корозійні втрати, знизити витрати на ремонт та технічне обслуговування, а також підвищити загальну надійність і довговічність машин в умовах інтенсивної агроексплуатації.

Таблиця 4.5 – Захисна здатність мастик в сухих мінеральних добривах і в їх насичених водних розчинах

Мастики M_1 і M_2 показали відмінні результати під час випробувань у сухих мінеральних добривах та дорожній пісочно-сольовій суміші. У цих середовищах їхня захисна здатність досягала 100%, що свідчить про формування на поверхні металу щільного бар'єра, стійкого до проникнення агресивних компонентів.

У водних розчинах добрив інтенсивність корозійних процесів зростала, що частково знижувало захисні властивості покриттів. Найбільш відчутне зменшення ефективності спостерігалось під час контакту з амофосом: у досліді №1 мастика M_1 забезпечила 85% захисту, а у досліді №2 мастика M_2 – 68%. Аналогічні тенденції простежувалися й у дослідях 10 та 12, де агресивність середовища суттєво впливала на довговічність покриття.

Незважаючи на це, обидві мастики можуть успішно застосовуватися для короткочасного захисту сталевих виробів у контакті з водними розчинами

більшості мінеральних добрив, окрім найбільш агресивних складів, таких як амофос.

Отримані дані підтверджують, що мастики M_1 і M_2 є ефективним засобом захисту металевих поверхонь від корозії в типових умовах експлуатації сільськогосподарської техніки та обладнання. Використання таких покриттів дозволяє суттєво підвищити довговічність машин, скоротити витрати на ремонт та мінімізувати наслідки контакту з агресивними компонентами виробничого середовища.

Таблиця 4.6 - Швидкість корозії Ст3 у тваринницьких приміщеннях під час захисту бітумними мастиками

Умови дослідження	Найменування мастики	Тривалість випробовування, міс.				
		2	6	12	15	24
Корівник	M_1	0	0	0	0	0
	M_2	0	0	0	0	0
	контроль	0,34	0,32	0,29	0,26	0,17
Свинарник (відгодів.)	M_1	0	0	0	0	0
	M_2	0	0	0	0	0
	контроль	0,74	1,44	1,44	0,22	0,12
Свинарник (маточник)	M_1	0	0	0	0	0
	M_2	0	0	0	0	0
	контроль	0,15	0,14	0,08	0,08	0,06

Результати досліджень автомобільних кузовів та робочих органів плугів, на які наносили мастики M_1 і M_2 , засвідчили високу ефективність цих покриттів як засобу антикорозійного захисту. Протягом двох сезонів експлуатації (шість місяців кожен), за різної інтенсивності роботи в агресивному середовищі, покриття забезпечували стабільну корозійну стійкість. Дані також підтверджують результативність використання бітумних мастик для захисту металевих поверхонь у тваринницьких приміщеннях, де поєднання підвищеної вологості, аміаку та

агресивних газів значно прискорює корозійні процеси. Захисні властивості M_1 і M_2 зберігалися протягом двох років експлуатації техніки, плугів і допоміжного обладнання.

На основі проведених досліджень можна стверджувати, що розроблені бітумні покриття придатні не лише для техніки, а й для застосування під час реконструкції або будівництва тваринницьких комплексів. Вони ефективно захищають металоконструкції та інженерні комунікації за умови, що ці елементи ізольовані від прямого контакту з тваринами. Такий висновок узгоджується з результатами попередніх робіт, у яких доведено позитивний вплив інгібованих бітумних складів на довговічність сталевих конструкцій [17, 18].

Паралельно були виконані спеціальні дослідження, спрямовані на підвищення ресурсу ґрунтообробної техніки шляхом застосування захисних мастик проти атмосферної корозії. Усі зібрані дані підтверджують високу ефективність мастик M_1 і M_2 , що демонструє їхню універсальність у різноманітних умовах аграрної експлуатації.

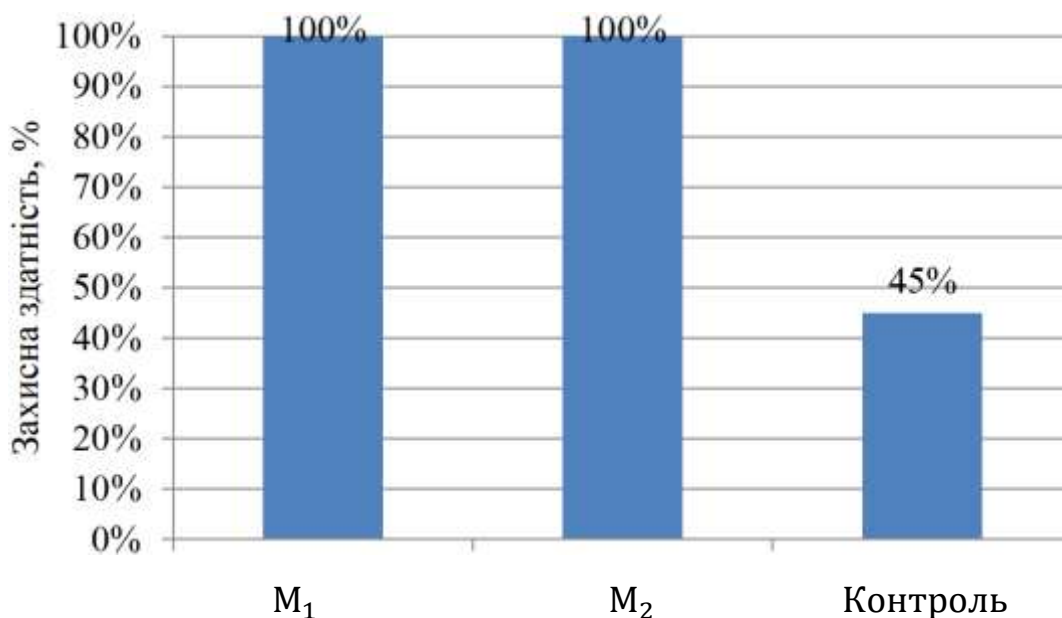


Рисунок 4.1 - Результати випробувань бітумних мастик для захисту робочих органів ґрунтообробних машин.

Для оцінки можливості застосування мастик на робочих органах ґрунтообробних машин проведено повномасштабні випробування в літньо-осінній

період. Плуги ПЛН-3-35 зберігалися на відкритому бетонному майданчику. Результати, наведені на рис. 4.1, підтверджують, що мастики забезпечують надійний захист металевих поверхонь від корозійного ураження навіть за умов тривалого відкритого зберігання.

Дослідження, результати яких наведено на рис. 4.1, підтверджують, що мастики М₁ і М₂ мають реальні перспективи для застосування як захисні покриття на сільськогосподарській техніці, тваринницькому обладнанні та автомобільних кузовах. Випробування робочих органів плуга засвідчили, що розроблені покриття забезпечують надійний захист металевих поверхонь від атмосферної корозії протягом шести місяців зберігання у відкритих умовах. Отримані результати доводять доцільність використання мастик М₁ і М₂ для протикорозійної обробки техніки, що експлуатується в агресивних середовищах, та підтверджують їхню ефективність у практичних умовах аграрного виробництва.

Висновок за розділом 4

Дослідження засвідчили, що бітумні мастики М₁ і М₂ забезпечують високий рівень антикорозійного захисту в агресивному середовищі тваринницьких приміщень, зокрема корівників і свинарників. Для порівняння: швидкість корозії незахищеної сталі становить лише 0,06–1,44 г/м² за добу, тоді як при використанні мастик прогнозується повна відсутність корозійних проявів упродовж двох років. Під час річних випробувань корозія металу, покритого експериментальними мастиками, не була зафіксована.

Компоненти, що входять до складу мастик, зокрема атактична суміш, бітум, сланцева мастика, присадка КО-СЖК та уайтспірит, забезпечують надійний захист сталі Ст3 навіть у насичених розчинах мінеральних добрив. Рівень захисної здатності у таких середовищах становив 84–100%, що свідчить про формування стійкого бар'єрного покриття, яке перешкоджає проникненню агресивних іонів та вологи.

Порівняння з незахищеною сталлю, яка демонструє значно вищу швидкість корозійного руйнування, підтверджує перевагу мастик M_1 і M_2 та їхню ефективність у реальних умовах експлуатації.

Отримані результати підкреслюють важливість застосування бітумних мастик для захисту робочих органів ґрунтообробних машин, тваринницького обладнання та інших металевих конструкцій, що функціонують у агресивному середовищі. Високий рівень захисних властивостей мастик M_1 і M_2 свідчить про їх значний потенціал для використання в аграрному секторі й промисловості, де питання довговічності та надійності обладнання має особливе значення.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1. Загальні положення з охорони праці

Охорона праці є важливою складовою забезпечення безпечних умов роботи під час виробництва, транспортування, використання та утилізації бітумних мастик. Виконання операцій з такими матеріалами пов'язане з контактом із хімічними речовинами, впливом високих температур та роботою з механічним обладнанням, що створює потенційну загрозу для здоров'я працівників. Основні завдання системи охорони праці полягають у навчанні персоналу правилам безпечної роботи з матеріалами, технічними засобами й інструментами; забезпеченні засобами індивідуального захисту, серед яких рукавички, респіратори, захисні окуляри, спеціальне взуття та одяг, стійкий до підвищених температур і хімічних впливів; організації регулярних медичних оглядів працівників, задіяних у технологічному процесі, з метою виявлення можливих професійних захворювань; а також у приведенні робочих місць у відповідність до вимог ДСТУ та ДБН щодо безпеки праці, вентиляції й освітлення [22].

5.2. Безпека при виробництві та застосуванні мастик

Процеси виготовлення та використання бітумних мастик охоплюють кілька стадій, що можуть створювати ризики для працівників. До них належать нагрівання бітуму та інших компонентів, виділення летких органічних сполук (ЛОС), робота з розчинниками та гарячими матеріалами. Можливими небезпечними чинниками є теплові опіки, які виникають під час нагрівання бітуму; токсичний вплив ЛОС, що виділяються при нагріванні уайт-спіриту та бітуму; а також пожежна небезпека, пов'язана з використанням легкозаймистих речовин. Основні заходи безпеки передбачають контроль температури під час нагрівання компонентів (у межах 90–110 °C); застосування механічних змішувачів із герметичними кришками для зменшення виділення шкідливих

речовин у повітря; організацію примусової вентиляції у виробничих зонах, особливо над місцями нагрівання мастик; встановлення датчиків контролю концентрації ЛОС з автоматичним увімкненням вентиляції; а також забезпечення виробничих приміщень протипожежними засобами, серед яких вогнегасники, пісок і азбестові покривала.

5.3. Охорона навколишнього середовища

Екологічна безпека під час виробництва та використання бітумних мастик повинна враховувати всі етапи їхнього життєвого циклу - від отримання сировини до остаточної утилізації відходів. До можливих екологічних ризиків належать забруднення повітря внаслідок виділення ЛОС та інших шкідливих компонентів під час нагрівання мастик, забруднення ґрунту й води через випадкові розливи розчинників, бітуму або залишків мастик, а також накопичення твердих відходів у вигляді непридатних залишків матеріалів чи зношених захисних покриттів. Екологічні заходи передбачають застосування фільтрів для очищення повітря від ЛОС у зонах виробництва та нанесення мастик, використання контейнерів із подвійними стінками для безпечного зберігання небезпечних рідин, передачу залишків мастик і розчинників на утилізацію підприємствам, що мають відповідні ліцензії, впровадження переробки відходів і повторне використання бітумних матеріалів як вторинної сировини, скорочення застосування уайт-спіриту шляхом переходу на водорозчинні розчинники, а також організацію екологічного моніторингу на території підприємства.

5.4. Організація безпечного зберігання мастик і компонентів

Правильне зберігання бітумних мастик і компонентів є важливим чинником запобігання негативним наслідкам. Мاستики та їхні складові потрібно розміщувати у спеціально відведених приміщеннях із системами вентиляції та пожежогасіння. Необхідно забезпечити ізоляцію легкозаймистих матеріалів від

джерел тепла та можливого іскроутворення, регулярно контролювати герметичність контейнерів із хімічними речовинами, а також маркувати ємності відповідно до вимог безпеки із зазначенням складу, класу небезпеки та правил використання.

5.5. Рекомендації з підвищення екологічної безпеки

Токсичні компоненти, зокрема уайт-спірит, слід замінювати на біорозкладні аналоги або розчинники на водній основі. Необхідно впроваджувати замкнуті цикли виробництва мастик, які забезпечують утилізацію залишків продуктів без утворення відходів. Доцільно розробляти екологічні рецептури мастик із використанням відновлюваних природних матеріалів, таких як рослинні олії та природні смоли. У виробничих процесах варто застосовувати енергозберігальні технології, наприклад нагрівання за допомогою інфрачервоного випромінювання. Утилізацію старих покриттів потрібно здійснювати через спеціалізовані підприємства, що забезпечують безпечне спалювання або переробку бітуму. Важливо організувати інформаційну роботу для працівників і громадськості щодо правил безпечного поводження з бітумними мастиками та їх компонентами.

Висновки за розділом 5

Висновки розділу «Охорона праці та навколишнього середовища» акцентують на необхідності створення безпечних умов під час розроблення і використання бітумних мастик. Це забезпечується завдяки застосуванню ефективних систем вентиляції, використанню індивідуальних засобів захисту, серед яких респіратори та рукавички, а також дотриманню технологічної дисципліни. Контроль за викидами шкідливих речовин у повітря та їх концентрацією в робочій зоні має здійснюватися відповідно до чинних санітарних норм. Постійний моніторинг повітря є необхідним для зменшення ризиків для здоров'я працівників.

Створення бітумних мастик на основі доступних і менш шкідливих компонентів дає змогу помітно зменшити екологічне навантаження. Використання таких складників, як уайт-спірит та присадка КО-СЖК, забезпечує високу ефективність мастик за мінімального рівня токсичних викидів. Значну роль відіграє правильна утилізація відходів, що виникають у процесі виробництва та застосування мастик, відповідно до вимог екологічної безпеки. Використання замкнутих систем та повторне залучення побічних продуктів сприяють зниженню негативного впливу на довкілля.

Застосування технологій консервації сільськогосподарської техніки з використанням розроблених мастик підвищує довговічність обладнання, зменшує потребу в ремонтах і сприяє економії ресурсів, що позитивно позначається на екологічній складовій. Раціоналізація технологічних процесів шляхом використання мастик із високими захисними властивостями зменшує корозійні пошкодження, що, у свою чергу, знижує утворення вторинних металевих відходів.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Підвищення довговічності сільськогосподарських машин є важливим завданням сучасного машинобудування, оскільки саме корозійні процеси визначають темпи зношування конструкційних елементів, зростання навантаження на ремонтні служби та зниження загальної надійності техніки. У машинобудівній галузі, де металеві конструкції експлуатуються у широкому спектрі агресивних середовищ, створення ефективних захисних покриттів є одним із напрямів підвищення ресурсу машин і агрегатів.

Розроблені бітумні мастики М₁ (бітумно-каучукова) та М₂ (бітумно-атактична) продемонстрували високу ефективність у захисті конструкційних сталей, що застосовуються в машинобудуванні для виготовлення робочих органів, рам, зварних вузлів і силових елементів. Порівняльні випробування показали, що їхні антикорозійні властивості перевищують показники промислових аналогів на 15–20%, що свідчить про інженерну доцільність використання цих матеріалів у конструкціях техніки, схильних до хімічного та атмосферного впливу.

Компоненти мастик — бітум, сланцева мастика, присадка КО-СЖК і уайт-спірит — утворюють захисний шар із високою адгезією до сталевих поверхонь, що є принципово важливим для деталей машин, які зазнають динамічних навантажень, мікродеформацій і температурних коливань. Використання присадки КО-СЖК підвищує стабільність покриття та його пластичність, що особливо актуально для захисту зварних швів, ребер жорсткості, рамних конструкцій і робочих органів машинобудівних виробів.

У сухих мінеральних добривах покриття забезпечували повний захист (100%), а в насичених розчинах — 85–100% залежно від типу агресивного середовища. Такі показники є надзвичайно важливими для машинобудівних виробів, що працюють у постійному контакті з вологою, солями, кислотами або лужними компонентами, які прискорюють електрохімічні процеси руйнування металів.

Мастики M_1 і M_2 рекомендовано застосовувати для захисту робочих органів ґрунтообробної техніки, деталей навісних систем, елементів ходових механізмів, рам і зварних вузлів, які особливо чутливі до пітингової та підплівкової корозії. Покриття також доцільно використовувати при консервації техніки на міжсезонний період, особливо в умовах підвищеної вологості, низьких температур та різких добових коливань, що характерні для експлуатації машинобудівної продукції в аграрній сфері.

Застосування мастик дозволяє зменшити швидкість корозійного зношування у 2–3 рази та подовжити строк служби робочих органів, корпусних деталей і силових елементів машин. Це знижує навантаження на ремонтні підрозділи, зменшує витрати на технічне обслуговування і сприяє підвищенню ресурсу машинобудівної продукції.

Перспективним напрямом є оптимізація складів мастик шляхом використання вторинних ресурсів нафтохімічної промисловості або відпрацьованих нафтопродуктів після їх очищення. Це відповідає тенденціям машинобудування щодо економії матеріалів, зниження собівартості захисних покриттів і підвищення екологічної безпеки виробництва.

Для впровадження мастик M_1 і M_2 у практику експлуатації машинобудівної техніки необхідно розробити методичні рекомендації щодо нанесення захисних покриттів, підготовки поверхонь, консервації машин і їх зберігання. Це забезпечить стандартизований підхід до протикорозійного захисту та підвищить довговічність конструкційних сталей, використовуваних у машинобудуванні.

Екологічна безпека мастик підтверджується низьким рівнем токсичних викидів під час виготовлення та експлуатації, що відповідає сучасним стандартам машинобудівної галузі, орієнтованої на зменшення техногенного впливу на довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Захист сільськогосподарської техніки від корозії : методичні рекомендації / за ред. І. П. Коваленка. Київ : Аграрна наука, 2021. 128 с.
2. Підвищення ефективності зберігання сільськогосподарської техніки : монографія / О. Г. Сидоренко. Харків : ХНТУСГ, 2020. 95 с.
3. Handbook of Corrosion Engineering / Ed. P. R. Roberge. New York : McGraw-Hill Education, 2012. 1072 p.
4. Soil and Agricultural Machinery Protection / Eds. A. T. Sloan, D. R. Stevens. Berlin : Springer, 2018. 320 p.
5. Сучасні методи захисту техніки від корозії / за ред. В. І. Тарасенка. Київ : Наукова думка, 2019. 223 с.
6. Гладкий О. В., Барабаш П. В. Вплив експлуатаційних умов на корозійну стійкість сільськогосподарських машин // Вісник аграрної науки. 2018. № 3. С. 45–50.
7. Борак К. В., Герасимчук Д. В. Вплив попередньої корозії на зносостійкість сталі // Вісник Причорномор'я. 2019. № 4. С. 106–113.
8. Борак К. В., Герасимчук Д. В. Експлуатаційні способи підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин. Тези доповідей студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів на VII-й Всеукраїнській науково-практичній конференції *“Підвищення надійності машин і обладнання”*, Кіровоград, 16-18 квітня 2014 р. Кіровоград, 2014. С. 77-78.
9. Борак К. В. Методика дослідження впливу способу зберігання на абразивну зносостійкість робочих органів ґрунтообробних машин. Міжнародний науковий журнал *“Проблеми трибології”*. 2014. №1. С. 14-18.
10. Надикто В. М., Сидоренко О. П. Методи зменшення корозійного впливу на техніку // Вісник аграрної інженерії. 2020. № 2. С. 23–28.
11. Попович П. Вплив експлуатаційних середовищ на поширення корозійно-втомних тріщин у конструкціях машин // *Машинобудування, автоматизація виробництва*. 2014. Т. 75, № 3. С. 157–166.

12. Отримання лакофарбових покриттів з високими водо- та масло-відштовхувальними властивостями / С. М. Гайдар // Матеріалознавство та обробка матеріалів. 2020. № 5. С. 11–13.
13. Вдосконалення методів зберігання сільськогосподарської техніки / за ред. В. А. Дмитренка. Житомир : Поліський національний університет, 2021. 324 с.
14. Технології захисту сільськогосподарської техніки : навчальний посібник / за ред. О. В. Лещенка. Вінниця : ВНАУ, 2020. 188 с.
15. Литвиненко М. В., Костюк С. О. Експлуатаційні умови та вплив корозії на ґрунтообробні машини // Вісник аграрної інженерії. 2021. № 4. С. 45–51.
16. Антикорозійні властивості нових лакофарбових матеріалів : збірник статей / за ред. Д. О. Мельника. Київ : Урожай, 2018. 179 с.
17. Вплив захисних покриттів на довговічність техніки / за ред. С. В. Грищенка. Львів : ЛНАУ, 2019. 208 с.
18. Corrosion and Surface Engineering for Agricultural Machinery / Eds. R. Kumar, M. Singh. London : Elsevier, 2020. 290 p.
19. Protective Coatings for Agricultural Equipment / Ed. S. M. Ali. New York : Wiley, 2017. 315 p.
20. Сологуб К.В. Особливості корозії та зношування техніки в сільському господарстві. Збірник матеріалів і Всеукраїнської студентської науковопрактичної конференції *«Теорія і практика сучасної науки очима молоді»* 26 березня 2020 року. м. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка. С. 65-66
21. Міненко С. В., Сологуб К. В. Процеси на межі розділу фаз. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції *«Підвищення надійності машин і обладнання»*. 15-17 квітня 2020 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. С. 22-24.
22. Савченко В. М., Міненко С. В., Лопатинець Д. І., Сологуб К. В. *Умови зберігання ґрунтообробних машин*. Матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 02-27 листопада 2020 р.). Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 120-121.