

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА  
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: «ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ

**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ШЛЯХОМ РОЗРОБЛЕННЯ  
ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ АТМОСФЕРНІЙ КОРОЗІЇ»**

Виконав: студент VI курсу групи Аін-62

Спеціальності 208 «Агроінженерія»  
(шифр і назва)

Богдан МАРКО  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: д.ф., в.о.доцента Оксана БЕРЕЗОВЕЦЬКА  
(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА  
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

к.т.н., доцент Шарибура А.О.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу студенту

Марко Богдану Ярославовичу

1. Тема роботи: «Підвищення довговічності сільськогосподарських машин шляхом розроблення заходів для запобігання атмосферній корозії»

Керівник роботи: Березовецька Оксана Георгіївна, д. ф., в.о. доцента  
Затверджена наказом по університету від 12.09.2024 року 616/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 10.01.2025 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>Березовецька О.Г., д.ф., в.о. доц. кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича</i>			
5	<i>Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва</i>			

7. Дата видачі завдання «13» вересня 2024 року

*КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН*

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Стан питання та задачі досліджень	<i>13.09.24-04.10.24</i>	
2	Обґрунтування параметрів моделі технічного забезпечення для зберігання сільськогосподарської техніки	<i>07.10.24-25.10.24</i>	
3	Методика експериментальних досліджень	<i>28.10.24-15.11.24</i>	
4	Результати експериментальних досліджень	<i>18.11.24-06.12.24</i>	
5	Охорона праці та навколишнього середовища	<i>09.12.24-20.12.24</i>	
6	Оформлення пояснювальної записки	<i>23.12.24-27.12.24</i>	
7	Оформлення графічної частини	<i>30.12.24-10.01.25</i>	

Студент \_\_\_\_\_ Богдан МАРКО  
 (підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Оксана БЕРЕЗОВЕЦЬКА  
 (підпис)

УДК 631.372:620.193.6:665.775

Підвищення довговічності сільськогосподарських машин шляхом розроблення заходів для запобігання атмосферній корозії. Марко Богдан Ярославович. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича. Дубляни, Львівський НУП, 2025.

52 с. текст. част., 11 рис., 8 табл., 22 літературних джерел.

У магістерській роботі досліджено проблему атмосферної корозії, яка впливає на довговічність сільськогосподарської техніки. Розроблено нові бітумні мастики ( $M_1$  і  $M_2$ ), що базуються на мазуті М-100, бітумно-каучукових і атактичних сумішах із додаванням присадки КО-СЖК. Мастики демонструють високу ефективність у захисті металевих поверхонь в агресивних середовищах.

Проведено експериментальні дослідження властивостей мастик у корозійно-активних середовищах, таких як розчини мінеральних добрив і дорожніх сумішей. Результати показали, що мастики  $M_1$  і  $M_2$  забезпечують тривалий захист, знижуючи швидкість корозії порівняно з промисловими аналогами. Особливу увагу приділено екологічній безпеці матеріалів, які не містять токсичних компонентів і відповідають вимогам сільськогосподарської експлуатації.

Розглянуто аспекти охорони праці та екологічної безпеки під час виготовлення, нанесення та експлуатації мастик. Акцентовано увагу на дотриманні технологічних стандартів, зниженні впливу шкідливих факторів на робітників, а також мінімізації екологічного впливу в процесі утилізації залишків матеріалів.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1. Особливості експлуатації та зберігання сільськогосподарської техніки в умовах агресивного середовища.....	8
1.2. Організація зберігання техніки в господарстві .....	12
1.3. Аналіз існуючих способів зберігання сільськогосподарських машин .....	14
1.4. Характеристика експлуатаційних забруднень сільськогосподарської техніки	16
1.5. Існуючі технології та технічні засоби для захисту від атмосферної корозії сільськогосподарських машин .....	18
Висновки за розділом 1 .....	26
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	27
Висновок за розділом 2 .....	31
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	32
3.1. Методика та обладнання для проведення експериментальних досліджень ....	32
Висновок за розділом 3 .....	35
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	37
Висновок за розділом 4.....	44
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	45
5.1. Загальні положення з охорони праці.....	45
5.2. Безпека при виробництві та застосуванні мастик.....	45
5.3. Охорона навколишнього середовища .....	46
5.4. Організація безпечного зберігання мастик і компонентів .....	46
5.5. Рекомендації з підвищення екологічної безпеки .....	47
Висновки за розділом 5.....	47
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ .....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	51

## ВСТУП

Проблема довговічності сільськогосподарських машин займає одне з ключових місць у сучасному машинобудуванні, особливо в умовах інтенсивного використання техніки в аграрному секторі. Сільськогосподарські машини працюють у важких експлуатаційних умовах, які включають агресивне середовище, змінні кліматичні умови та постійний контакт з хімічними речовинами, такими як добрива та пестициди. Усе це значно впливає на довговічність техніки, зокрема через розвиток атмосферної корозії.

Атмосферна корозія є однією з основних причин передчасного зносу металевих конструкцій сільськогосподарської техніки. Наслідком цього є зменшення ресурсу техніки, підвищення витрат на обслуговування та ремонт, а також зниження ефективності аграрного виробництва. Таким чином, підвищення стійкості до корозійних впливів є важливим напрямом для забезпечення надійності та довговічності машин.

Підприємство ТзОВ «Компанія ЛАН», спеціалізується на виробництві та обслуговуванні сільськогосподарської техніки. Підприємство стикається з численними викликами, пов'язаними з атмосферною корозією, що впливає на якість та експлуатаційні характеристики машин. У зв'язку з цим актуальним є розроблення заходів, спрямованих на запобігання корозії та продовження строку служби техніки.

**Мета і задачі дослідження:** Метою дослідження є підвищення довговічності сільськогосподарської техніки шляхом розробки нових рецептур бітумних мастик з покращеними антикорозійними властивостями, які відповідають сучасним вимогам ефективності, економічності та екологічної безпеки.

### **Основні завдання:**

1. Проаналізувати чинники, що спричиняють атмосферну корозію сільськогосподарської техніки.
2. Вивчити існуючі способи захисту від корозії.

3. Розробити нові рецептури бітумних мастик із застосуванням доступних компонентів, включаючи КО-СЖК.
4. Провести експериментальні випробування розроблених покриттів у реальних та лабораторних умовах.
5. Оцінити ефективність розроблених складів порівняно з промисловими аналогами.

**Методи дослідження:** У роботі використовуються аналітичні та експериментальні методи, які дозволяють оцінити вплив корозії та ефективність запропонованих засобів захисту, а також фізико-хімічний і порівняльний аналізи.

**Предметом дослідження** є Конструкційні матеріали та технології захисту сільськогосподарської техніки від атмосферної корозії за допомогою бітумних мастик.

**Об'єктом дослідження** виступають сільськогосподарські машини, експлуатовані в умовах підвищеної вологості, контакту з агресивними мінеральними добривами та іншими корозійно-активними середовищами.

**Наукова новизна.** Робота пропонує використання нових рецептур бітумних мастик на основі доступних і екологічно безпечних компонентів. Розроблені склади демонструють високу ефективність у захисті техніки від корозії навіть в агресивних середовищах, таких як мінеральні добрива та високовологе середовище.

Таким чином, дослідження, проведене в рамках даної магістерської роботи, має вагоме теоретичне та практичне значення для підвищення ефективності роботи сільськогосподарських машин, оптимізації виробничих процесів та зниження економічних втрат, пов'язаних з корозійним зносом.

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

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

Сільськогосподарська галузь країни експлуатує значний парк техніки, умови використання та зберігання якої мають свої особливості. Під час зберігання на відкритих майданчиках техніка піддається впливу атмосферних опадів, сонячного випромінювання, наявності корозійно-активних газів, підвищеної вологості повітря, температурних коливань та технологічного забруднення. У таких умовах металеві поверхні машин зазнають інтенсивного корозійного руйнування.

Корозійні процеси спричиняють зниження міцності деталей, втрату металу, скорочення строку служби та зниження зносостійкості [2-4].

Інтенсивність корозії визначається агресивністю середовища, тривалістю його впливу, температурними умовами, станом поверхні металу (структурою та складом захисного шару), хімічним складом матеріалу, а також наявністю механічних напружень. Особливості конструкції, такі як наявність зварних швів, болтових або заклепкових з'єднань, порожнин і щілин, також впливають на перебіг корозійного процесу [2, 3].

До агресивних чинників, що впливають на швидкість корозії, належать діоксид сірки ( $SO_2$ ), вуглекислий газ, аміак, хлористий водень, сірководень та інші гази. Зростання швидкості корозії особливо помітне за умов досягнення критичної відносної вологості повітря ( $\psi_{кр}$ ) [5] (табл. 1.1).

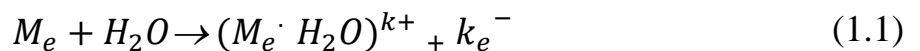
Корозійне середовище утворюється через вологу плівку, яка містить розчинений кисень і агресивні домішки, що сприяють активації електрохімічної корозії. Основними продуктами корозії є гідроксид заліза  $FeOOH$  (70–80%) і оксид заліза  $Fe_2O_3$  (10–20%). Вміст  $FeO$ ,  $Fe_3O_4$  і  $FeSO_4$  не перевищує 0,9%. Гідроксид заліза, завдяки своїй гігроскопічності, посилює адсорбцію та капілярну конденсацію водяної пари, що прискорює процес корозії металу.



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

Метал	Стан поверхні і склад атмосфери	$\Psi_{кр}$ %
Залізо	Чиста поверхню і чисте повітря	Близько 100
	Чиста поверхню і 0,01% SO <sub>2</sub> в повітрі	70
	Попередній контакт поверхні з водою	65
Мідь	Попереднє окислення поверхні в чистому повітрі	87
	Попередній вплив на поверхню SO <sub>2</sub>	80

Частиночки пилу, вугілля, шлаку й золи, потрапляють на поверхню деталей машин, можуть утворювати осередки корозії завдяки адсорбції вологи в точках контакту з металевою поверхнею. Більше того, багато з цих частинок містять розчинні компоненти, які разом із вологою створюють сприятливі умови для перебігу анодної реакції окислення металу.



Реакція (1.1) визначає втрати металу внаслідок корозії. Її локалізація на окремих ділянках поверхні спричиняє місцеві пошкодження конструкційного матеріалу, зокрема утворення пітингів, виразок, руйнування меж зерен металу та сплавів, а також внутрішньокристалічну корозію. Глибина таких пошкоджень може сягати 860 мкм на рік, що значно знижує міцність і експлуатаційні властивості машин.

Найбільш інтенсивно корозії піддаються сталеві вироби, які зберігаються на поверхні ґрунту, з втратою маси до 208 г/м<sup>2</sup> на рік [6]. Корозійні втрати сталевих виробів, розміщених на відкритому майданчику, є в 1,4 раза меншими, а в закритому неопалюваному приміщенні — у 8 разів меншими.

Суттєвий вплив на розвиток корозійних процесів мають великі коливання денних і нічних температур у вересні–жовтні, а також висока температура і вологість у березні–травні.

Деталі сільськогосподарської машини піддаються атмосферній корозії в 10 разів і більше за наявності агресивних середовищ, таких як мінеральні та органічні добрива, отрутохімікати, ґрунт. Зі зростанням вологості добрив

підвищується ступінь їх дисоціації та швидкість електрохімічної корозії металу [6]. Надмірно висока вологість посилює швидкість корозії, та можна сповільнити цей процес через зменшення доступу кисню до поверхні металу. Кожний вид добрив, залежно від їх вологості, характеризуються існує оптимальне значення швидкості корозії [7, 8]. Найбільш агресивні мінеральні та органічні добрива за їх корозійною активністю наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Корозійна стійкість сталей та активність відносно мінеральних і органічних добрив

Найменування добрив	Корозія сталей, г/(м <sup>2</sup> ×год)				
	Ст. 3	35	45	45X	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 виявив існування трьох етапів: на першому – використовують комплекс машин та обладнання для підготовки та приготування добрив; на другому – для їх транспортування, обробки та зберігання; на третьому – проводять внесення добрив перед посівом, під час посіву та під час вегетації рослин. Залежно від характеру розміщення добрив у ґрунті: поверхнево та внутрішньо-ґрунтово [4].

Розрізняють машини для внесення добрив: причіпні, самохідні, підвісні тукорозкидачі; машини для внутрішньогрунтового внесення. Залежно від використовуваного типу добрив: розкидачі рідких, твердих мінеральних і органічних добрив [5, 7].

У цілому нині технологічний процес внесення добрив складається з наступного. Завантажені в кузов (бункер) машини добрива переміщуються живильником і через пристрій, що дозує, по туконапрямлячам надходять на

пристрої, що розподіляють їх по ширині захоплення. Розрізняють дискові, роторні, пневматичні або штангові типи розкидаючих пристроїв. За способом керування заслінками розкидачі бувають електронними, механічними та гідравлічними. Закладення всередину ґрунту після внесення здійснюється культиваторами, боронами і плугами.

Для внутрішньогрунтового внесення добрив використовують спеціалізовані, комбіновані та універсальні машини. Причому вони можуть бути навісними, напівнавісними та причіпними. За допомогою глибокорозпушувачів КПП-2,2 та ГУК-4 вносять добрива «екраном» одночасно з плоскою різним обробітком ґрунту. Універсальна машина МПК-4 за один прохід забезпечує культивацію, розпушування, локальне (стрічкове) внесення добрив та вирівнювання поверхні поля.

Зернотукові комбіновані сівалки СЗК-3,6 здійснюють локальне внесення добрив при посіві зернових та зернобобових культур та їх сумішей. Зернотукові сівалки СЗ-3,6, СЗУ-3,6, агрегати посівні АУП-18.05 дозволяють проводити рядковий посів зернових та зернобобових культур з одночасним внесенням гранульованих добрив. Машини вносять насіння та добрива таким чином, щоб вони не стикалися у ґрунті.

Картоплесадильні машини СКС-4, СКМ-3, СКМ-6, СН-4Б вносять добрива одночасно з посадковим матеріалом, для чого обладнані апаратами АТ-2А і АТД-2.

Культиватори – рослинопідживлювачі КРН-4,2, КРН-5,6, КРН-8,4, КОР4,2, культиватор-огортач КОН-2,8ПМ і культиватор-гребнеутворювач КГФ-2,8 з туковисіваючими апаратами використовуються для міжрядної підживлення просапних культур твердими та рідкими мінеральними добривами.

Якщо проаналізувати конструктивне виконання машин для внесення добрив, можна помітити, що вони включають: ємність (бункер тощо.) для добрив; живильний пристрій для прийому добрив з ємності (живильний пристрій, дозатор); розкидаючий робочий орган, що приймає добрива від живильного

пристою та розсіювальні апарати, що виконують функції розкидання добрив по поверхні ґрунту або направляють його в ґрунт.

Як будь-яка сільськогосподарська техніка, техніка для внесення мінеральних добрив працює сезонно і піддається дії атмосферної корозії як у період експлуатації, так і в період тимчасового невикористання. Корозійні руйнування стимулюються мінеральними добривами чи їх розчинами при одночасному впливі вологи. Перелічені вище елементи та пристрої, безпосередньо контактують з мінеральними добривами, вимагають особливої уваги при консервації під час підготовки до тривалого зберігання.

## 1.2. Організація зберігання техніки в господарстві

При експлуатації та зберіганні у неробочий період тукорозкидальних машин відбувається руйнування робочих поверхонь металу під впливом атмосферної корозії. Сільськогосподарські підприємства зазвичай використовують комбінований спосіб зберігання техніки в неробочий період.

Зберігання машин є складовою частиною технічного обслуговування машинно-тракторного парку. Правильне зберігання забезпечує тривалий термін служби та ефективне використання техніки при найменших витратах на її утримання, дозволяє зберегти працездатність машин у неробочий період. Машини зберігають у закритих приміщеннях, під навісами та відкритим способом [5].



Рис. 1.1 – Зберігання самохідної техніки в ангарах, майстерні та під навісом.

Нажаль більшість сільськогосподарських знарядь зберігається на відкритому майданчику. Комбайни та трактори в ангарах, майстерні та під навісом (рис. 1.1). Начіпні та причіпні сільськогосподарські агрегати, трактори часто залишають на відкритих майданчиках (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Трактори та с.-г. техніка на зберіганні на відкритому майданчику

Непоодинокі випадки, коли техніка на таких майданчиках зберігається, частково покрита слідами мінеральних добрив, що стимулює корозійний процес (рис. 1.3).



Рис. 1.3 - Зберігання посівного агрегату АУП-18.05 на відкритому майданчику

Аналізуючи технологію зберігання машин в господарстві, на перший погляд начебто все добре. Є різні типи сховищ та методик зберігання, але є та багато

проблем. Техніка ставиться на зберігання хаотично та досить часто трапляється так, що старенький трактор МТЗ-80 стоїть в ангарі, а імпортований Кейс на вулиці.

Як свідчать огляди машин після зберігання є проблеми зі зварними з'єднаннями та іншими з'єднаннями, оскільки весною ці місця мають корозійні сліди.

Причиною такого стає недостатнє очищення машин перед постановкою їх на зберігання або взагалі її відсутність, того ж самого стосується та консервація. В господарстві леміші та інші робочі органи консервують покривши їх відпрацьованим маслом.

Досить часто причиною такого є просте нехтування правилами зберігання та не знання методик та правил зберігання техніки. Тому питання покращення зберігання техніки є актуальним та потребує подальшого удосконалення.

### **1.3. Аналіз існуючих способів зберігання сільськогосподарських машин**

Корозійні руйнування викликають до 33% відмов машин [8], на 40-55% знижують міцність вуглецевих сталей і сірого чавуну, в 2-4 рази збільшують знос спряжених деталей. На усунення збитків від корозії щорічно витрачається до 30 % загальних витрат, що витрачаються на відновлення працездатності машин та агрегатів [8, 10, 11].

Допускається зберігання машин на відкритих обладнаних майданчиках з обов'язковим виконанням правил консервації та герметизації; деякі вузли та деталі знімають для складського зберігання. Зберігання машин від десяти днів до двох місяців вважається короткостроковим, понад двох місяців - тривалим.

Перед установкою на зберігання перевіряють стан машин та проводять чергове технічне обслуговування/ Підготовляють та встановлюють машини на зберігання особи, за якими закріплені машини. Машини та агрегати чекаючи ремонту містять у режимі короткочасного зберігання, Якщо строк очікування ремонту перевищує два місяці, то використовують правила тривалого зберігання.

*Короткочасне зберігання.* Вузли, агрегати та деталі не знімають, за винятком прогумованих транспортерних стрічок та полотен, які здають на склад. Акумуляторні батареї відключають, рівень та щільність електроліту доводять до норми, У холодну пору року зливають воду із системи охолодження. Машини із пневматичними колесами при зберіганні більш десяти днів установлюють на підставки із просвітом між поверхнею та шиною 10-12 см; тиск у шинах знижують до 70 - 80% від нормального. Шини покривають запобіжним змащенням.

*Тривале зберігання.* Машину миють, проводять сезонне технічне обслуговування. Паливну апаратуру консервують. Ушкоджене фарбування повністю відновлюють. Машини встановлюють горизонтально за допомогою підставок. Під сталеві колеса машин підкладають опори, начіпні машини та машини із пневматичними шинами ставлять на підставки або козла. Агрегати, вузли та деталі, що вимагають особливих умов зберігання, забирають у складські приміщення. Відкриті шарнірні з'єднання механізмів навішення, підйому коліс, що направляють, кермових тяг очищають та змазують. Виступаючі частини штоків гідроциліндрів покривають захисним змащенням. Тиск у шинах знижують. Поверхня шин та гумових шлангів покривають світлозахисним змащенням.

Гнучкі шланги допускається обертати парафінованим папером. Пружини по можливості розвантажують. Місце зберігання. Закритий спосіб зберігання передбачає розміщення машин у сараях, гаражах (звичайно не опалювальних). Майданчик для зберігання відкритим способом вибирають на відстані не менш 50 м від житлових, складських та виробничих приміщень та не ближче 150 м від нафтоховищ.

Відкриті майданчики повинні бути на сухих, не затоплюваних місцях з водовідвідними канавами по периметру. Поверхня майданчиків роблять рівної, з невеликим ухилом для стоку води, із твердим асфальтовим або бетонним покриттям, здатним витримати навантаження від машин, що пересуваються, та машин, установлених на зберігання. Розмір відкритих майданчиків повинен

відповідати кількості та габаритам машин. Мінімальна відстань між машинами 0,7 м, між їхніми рядами 6 м.

Машини на майданчику слід розміщати по видах та маркам. До кожної машини прикріплюють бирку із вказівкою марки та господарського номера.

#### **1.4. Характеристика експлуатаційних забруднень сільськогосподарської техніки**

Сільськогосподарські машини в процесі експлуатації зазнають забруднень. У процесі проведення комплексу заходів щодо технічного обслуговування та ремонту важливе значення має технологічний процес видалення забруднень, що займає більш 15% загального часу проведення робіт.

На практиці розрізняють наступні види забруднень; маслянисто-грязьові; жирові плівки; корозія; залишки отрутохімікатів; залишки мастильних матеріалів; залишки лакофарбових покриттів; технологічні забруднення.

*Рослинні залишки.* При роботі машинно-тракторного парку в польових умовах на поверхнях техніки, у бункерах та інших місцях накопичуються рослинні залишки (солома, солоха та ін.) у суміші з пилом та частками ґрунту. Присутність вологи та рослинних соків сприяє міцному закріпленню ґрунтових забруднень та рослинних залишків. Розглянутий різновид забруднень відноситься до групи слабозв'язаних, що мають щільність 40 - 100 кг/м<sup>3</sup> [13]. Видалення цих забруднень здійснюється гідродинамічним потоком струменя.

*Маслянисто - грязьові відкладання* утворюються при потраплянні дорожнього пилу та бруду на замавлені поверхні машин. Можливо та зворотне явище, коли на покритті дорожнім брудом поверхні попадає масло й, просочуючи бруд, як би склеює її частки. Основну масу таких забруднень відносять до сильнозв'язаних, що мають щільність 900 - 2000 кг/м<sup>3</sup> [10]. Для їхнього змиву застосовують органічні розчинники та розчин мийних засобів.

*Старі лакофарбові покриття* віднесемо до групи зовнішніх забруднень тільки тому, що при ремонті та підготовці до зберігання їх доводиться видаляти із



застосуванням відповідного очисного встаткування. Старі лакофарбові покриття віддаляються з металевої поверхні при наявності в шарі сітки тріщин або виникненні відшарувань, а також при капітальному ремонті машин. Їх відносять до середнєзв'язаних, що мають щільність 220 - 920 кг/м<sup>3</sup> [12, 16-18].

*Залишки отрутохімікатів* являють собою мінерало-органічний комплекс, що складається з різних забруднень (дорожній бруд, масло та ін.) у суміші з отрутохімікатами, використовуваними при внесенні добрив та боротьбі з шкідниками полів та їх відносять до сильнозв'язаних, що мають щільність 960 - 1600 кг/м<sup>3</sup> [20].

Корозійний вплив мінеральних і органічних добрив має різні характеристики. У суперфосфаті, сечовині та аміачній селітрі корозія відбувається рівномірно, тоді як у нітрофосці та мідному купоросі переважає локальна корозія з утворенням глибоких пітингів. Це може призводити до руйнування деталей навіть за незначних втрат маси металу [20].

Серед органічних добрив найбільшу корозійну активність мають торфогнійні компости; менш агресивними є гній корів і продукти на його основі, а також торф. Корозійні процеси зумовлені повільними хімічними реакціями [9]. Втрата маси металу та зниження міцності конструкцій проявляються після тривалого контакту з добривами. Швидкість корозії сталі в органічних добривах у 2,5–5 разів перевищує швидкість корозії на відкритих майданчиках [19].

*Продукти корозії* утворюються в результаті хімічного або електрохімічного руйнування металів та з'являється плівка червоно-бурого кольору - гідрат окису заліза. Продукти корозії алюмінієвих деталей мають вигляд сірувато-білого нальоту - гідрат окису алюмінію. Ці забруднення відносять до сильнозв'язаних із щільністю 1800 - 2200 кг/м<sup>3</sup> [19]. Для видалення продуктів корозії найчастіше застосовують ігнібиторні розчини кислот.

*Технологічні забруднення* утворюються на поверхні деталей машин у процесі їх ремонту. До них відноситься металева стружка, залишки притирочних паст, продукти зношування, покриття для тривалого зберігання та інші. Технологічні забруднення містять у своєму складі та тверді абразивні зерна, які

накопичуються звичайно в глухих відгалуженнях внутрішніх поверхонь, звідки їх дуже важко вилучити. Ці забруднення відносять до середньозвязаних, що мають щільність 790 - 1200 кг/м<sup>3</sup> [19].

*Жирові плівки* по ступеню зажиреності діляться на дві групи. Перша група включає тонкі та щільні шари мінеральних мастил, мастильних, мастильно-охолодних емульсій, змішаних з металевою стружкою та пилом. Друга група характеризується наявністю товстих шарів консерваційних змащень, мастил та важковидляємих забруднень, графітових змащень, нагарів шліфувальних та полірувальних паст. Такий характер забруднень є серйозною перешкодою для змивання їх з поверхні машин.

*Адгезійно - зв'язані забруднення* - це суміш хаотичних по орієнтації та розмірам часток ґрунту, дорожнього, атмосферного пилу з різним змістом органічних речовин (до 5-6%), утримуваних на поверхні тільки за рахунок молекулярних та електростатичних сил.

Проведений аналіз забруднень виникаючих при експлуатації сільськогосподарської техніки показав, що для якісного очищення та знежирення зовнішніх поверхонь при підготовці їх до фарбування, необхідне застосування універсальних установок, що дозволяють робити видалення різних видів забруднень

### **1.5. Існуючі технології та технічні засоби для захисту від атмосферної корозії сільськогосподарських машин**

Процес експлуатації сільськогосподарських машин носить сезонний характер. У період тривалого зберігання діють кліматичні фактори, які сприяють зміні міцності, хімічного складу матеріалу, які використовуються в конструкціях машин, а також властивостей мастильних матеріалів та технічних рідин необхідних при експлуатації машин. Такі зміни в більшості випадків приводять до погіршення експлуатаційних властивостей машин [1, 8, 20].

Зміна властивостей конструкційних матеріалів а, отже, та зниження надійності сільськогосподарських машин відбувається під впливом сонячної

радіації, низьких та високих температур, вологості, швидкості вітру, атмосферних опадів, а також наявності речовин сприятливих корозії (вуглекислоти  $H_2CO_3$ , оксиду сірки  $SO_2$ , оксиду азоту  $NO_3$ , хлору  $Cl_2$ , аміаку  $NH_3$  та ін.).

Комплексний вплив кліматичних факторів та їх дія на показники надійності сільськогосподарських машин показано на рис. 1.4. [6, 19, 21] запропонована математична модель впливу метеорологічних параметрів на швидкість корозії металів, представлена наступною залежністю:

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

де  $K_A$  - річна швидкість корозійного руйнування металу;

$\Sigma K_D$  - сумарний вплив корозії під впливом атмосферних опадів;

$\Sigma K_B$  - сумарний корозійний вплив за період присутності сконденсованої вологи на поверхні машини;

$\Sigma K_C$  - сумарний корозійний вплив за період присутності опадів на поверхні машини.

Проведені авторами дослідження, [20, 22], показали, що показники корозійного впливу  $\Sigma K_B$  та  $\Sigma K_C$  визначаються часом знаходження вологи на поверхні машини, яке у свою чергу залежить від швидкості вітру, вологості та температури навколишнього повітря. Інтенсивність поширення корозії під шаром снігу та кірки льоду  $\Sigma K_C$  не порівнянне мала в порівнянні з корозійним впливом при присутності вологи на поверхні машини.

Найбільш істотними факторами визначальними швидкість атмосферної корозії, є:

- відносна вологість повітря;
- наявність у повітрі речовин, що сприяють корозії;
- тривалість присутності вологи на поверхні машини;
- температура навколишнього повітря.

Рис. 1.4 - Комплексний вплив кліматичних факторів та їх дія на показники надійності сільськогосподарських машин.

Результати досліджень проведених [21] показали, що між швидкістю корозії та кількістю атмосферних опадів немає прямої залежності.

Інтенсивність випадання опадів має двоякий характер. З одного боку, відбувається ріст кількості вологи на металевій поверхні, що сприяє протіканню корозійного процесу, а з іншого відбувається змив з поверхні електролітів, часток солей та твердих часток, що так само сприяють розвитку корозії.

На відкритих майданчиках в атмосфері зовнішнього повітря, а також у не опалювальних приміщеннях відбувається основна частина корозійних ушкоджень сільськогосподарських машин, це пов'язане з утворенням плівки вологи в результаті періодичного впливу атмосферних факторів [13, 22].

При неправильному зберіганні робочі органи сільськогосподарських машин окислюються і покриваються ржавчиною під впливом атмосферних факторів. Корозія бункерів, дозуючих пристроїв, тарілок та дисків розкидачів, висівного апарату в цілому, котушок або заслінок, тукопроводів може викликати відмови тукорозкидальних машин у напружений період польових робіт. Корозія тонколистового бункера для зберігання туків порушує герметизацію, що призводить до втрат мінеральних добрив.

Величезні економічні та екологічні збитки, завдані атмосферною корозією, роблять її об'єктом постійних наукових досліджень. Атмосферна корозія є електрохімічним процесом, який відбувається в результаті розчинення металу в електролітах і окислення киснем. Електролітом є атмосферна волога, в плівці якої є розчинені гази, солі, кислоти лугу, компоненти мінеральних добрив. При попаданні атмосферної вологи на поверхні робочих органів машин починається руйнація металевої структури. Головна умова протікання корозійного процесу – контакт металу з водою та киснем (рис. 1.5). Ступінь зволоженості робочих органів машин впливає на швидкість і механізм протікання атмосферної корозії. Збільшення швидкості корозії відбувається коли значення відносної вологості поверхні металу перевищує встановлені критичні норми. Для сталей марок Ст3, 20, 45 відносна критична вологість становить 70 % [1, 4].

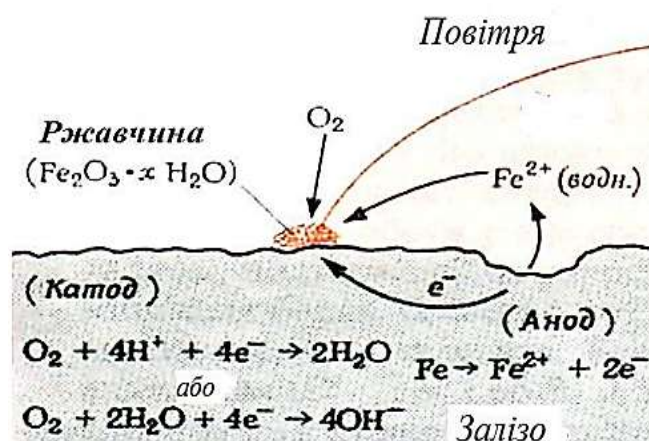


Рис.1.5 - Схематичне зображення атмосферної корозії

Розрізняють три види атмосферної корозії: суха, волога та мокра. Якщо відносна вологість повітря становить  $\leq 60\%$ , протікає суха атмосферна корозія.

Механізм корозійної руйнації – хімічний. На поверхні утворюються захисні плівки, що гальмують процес корозії. Спочатку процес протікає швидко, утворюється тонка оксидна плівка, потім уповільнюється і встановлюється постійна невелика швидкість корозії. Однак, у разі присутності в повітрі домішок газів, швидкість корозії може різко зрости, що нерідко призводить до потьмарення поверхні металу та значної втрати їм відбивних та декоративних властивостей.

Волога атмосферна корозія спостерігається за наявності на поверхні тонкої плівки вологи при відносній вологості повітря  $\sim 60\ldots 70\%$ . Швидкість процесу залежить від відносної вологості, забрудненості атмосфери, слідів мінеральних добрив, що знаходяться на поверхні металу, гігроскопічності продуктів корозії. На поверхні металу тим часом утворюється дуже тонкий, невидимий неозброєним оком шар води чи розчину електроліту.

Мокра атмосферна корозія розвивається при впливі на поверхню опадів і конденсату води. 100% вологість повітря сприяє осіданню водних крапель, товщина водяного шару становить понад 1 мм. У цих умовах водяна пара конденсується на поверхні металу та утворює шар води. Таким чином, на швидкість атмосферної корозії впливають властивості утворених продуктів корозії, зовнішні кліматичні чинники, різке коливання температури, агресивні домішки повітря, компоненти мінеральних добрив.

Наявність вологи в повітрі ще не призводить до значної корозії сталі. Часто навіть при 99% відносної вологості повітря корозія може бути незначною і практично постійною (рис. 1.6).

Корозійні процеси, які виникають під час зберігання сільськогосподарської техніки, значно змінюють стан поверхні сталевих виробів, знижуючи їх зносостійкість і втомну міцність. Згідно з дослідженнями [6], попередня корозія протягом 20 місяців підвищує швидкість зношування сталей ст. 3 і 45 у кварцовому піску: при закритому зберіганні — у 2,1–2,3 рази, на відкритому майданчику — у 3,8–5,3 рази, на поверхні ґрунту та в атмосфері добрив — у 3,2–6,8 рази [10].

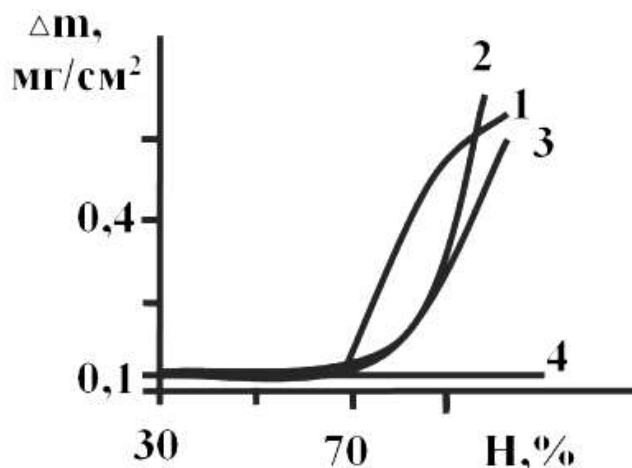


Рис. 1.6. Залежність корозії заліза (втрати маси  $\Delta m$ ) від відносної вологості повітря ( $H$ ), що містить: 1 – 0,01 % SO<sub>2</sub>; 2 – 0,01 % SO<sub>2</sub> та тверді частинки; 3 – тверді частинки; 4 – чистого

Атмосферна корозія також негативно впливає на втомну міцність сталей. За 12 місяців корозії межа втомної міцності сталі 20 і сталі ст. 3 беззахисного покриття знизилася на 25% і 35% відповідно при зберіганні під навісом, і на 28% і 41% при зберіганні на відкритому майданчику. Це зумовлено утворенням концентраторів напружень, зокрема корозійних пітингів.

Застосування консерваційного мастила НГ-204 тонким шаром (0,05–0,1 мм) зменшує негативний вплив корозії: межа втомної міцності різних вуглецевих сталей, що зберігалися на відкритих майданчиках, знижується лише на 1,2–1,4% на рік [8].

Найбільш схильними до корозії є поверхні деталей, де зруйновано шар фарби через механічні пошкодження або через порушення правил зберігання техніки. Особливо небезпечною корозія є для деталей, які працюють при циклічних чи ударних навантаженнях, таких як пружини, пружинні лапи культиватора, вали тощо. У таких випадках термін служби деталей скорочується на 40–60%. Аналіз зламів показав, що корозійні пошкодження та пітинги часто стають початковою причиною втомних руйнувань [21].

Маштабність глибини корозійних уражень деяких груп деталей досягає критичних значень. Наприклад, осі, насіннєві ящики, захисні кожухи та рами

піддаються корозії на глибину 0,02–0,07 мм за рік, тоді як робочі органи й опорні частини, що контактують із ґрунтом, – до 0,12 – 0,14 мм. Сегменти ножів ріжучих апаратів жаток і комбайнів, виготовлені з листової сталі У9 і товщиною 2 мм, показали, що корозійні втрати незахищених сегментів становлять 108 г/(м<sup>2</sup>·рік) при зберіганні на відкритому майданчику і 24 г/(м<sup>2</sup>·рік) у закритому приміщенні.

Навіть за незначної корозії в закритих умовах поверхня різальних крайок стає хвилястою, з численними пошкодженими ділянками. При інтенсивнішій корозії на відкритих майданчиках руйнуються як ріжучі крайки, так і зубці насічки, що суттєво погіршує якість роботи ріжучих апаратів [17].

Випробування металоконструкцій із тонколистової сталі марок Ст. 3 і 08 кп товщиною 1,0 і 0,8 мм показали, що після 12 місяців втомна міцність зменшилася приблизно на 35%, а корозійно-втомна — на 45% при глибині корозійних пошкоджень 0,21 мм. Для зразків, покритих емаллю ПФ-133, після восьми років експлуатації в умовах відкритої атмосфери втомна міцність атмосферної корозії знизилася на 25% за глибини корозії 16 мм.

Обробка корозійно-ураженої поверхні модифікатором іржі підвищує витривалість листових конструкцій зернозбиральних комбайнів приблизно на 10% в умовах одночасного впливу корозії та механічних навантажень [16]. Електрохімічні дослідження показали, що така обробка значно уповільнює анодну реакцію металу. Металографічні дослідження виявили згладжування рельєфу поверхні та зменшення ефективності концентраторів напруги, що сприяє підвищенній витривалості металевих конструкцій.

Корозійна активність отрутохімікатів залежить від їхньої розчинності у воді. Найбільш агресивними є мідний купорос, карбофос та ріціфон, які викликають швидкість корозії сталі Ст. 15кп на рівні 0,594, 0,176 та 0,110 мм/рік відповідно. Глибина пітингів у сталі в середовищі ріціфону є в межах 0,42–0,74 мм за 85 дні. Поперемінне занурення у хімічний розчин збільшує корозійні пошкодження в 1,3–2,5 рази порівняно з постійними контактами із середовищем. Внутрішня поверхня резервуара кородує в 15–30 разів швидше, ніж зовнішня.



Після сезонної експлуатації обприскувача корозійні процеси резервуара тривають під час зберігання. Обробка пошкодженої поверхні резервуара перетворювачем іржі ВА – 01 ГІСІ та нанесення мікровоскових складів ІВВС-706М підвищили корозійну стійкість сталі Ст. 15кп у 25–30 разів, збільшивши її експлуатаційні характеристики в середньому на 10–15%. Це дозволило подовжити термін служби резервуара ще на один рік [19].

Підвищення протикорозійного захисту обприскувачів може бути вирішене лише нанесенням фторіонового покриттям або заміни сталевого резервуара на більш стійкий до корозії склопластиковий [19].

Значна частина сільськогосподарської техніки, зокрема зернозбиральні та кормозбиральні комбайни, розкидачі мінеральних добрив, має велико-маштабні зварні конструкції, які експлуатуються в умовах впливу агресивних середовищ. Вихід з ладу таких конструкцій спричиняє значні економічні, матеріальні та трудові втрати, необхідні для відновлення їх працездатності. Аналіз причин відмов показує, що руйнування зазвичай починаються у зварних зонах з'єднань та вузлів.

Стійкість конструкцій до руйнування ( $R$ ) і схильність до пошкоджень характеризується трьома основними факторами, які змінюються із часом  $t$ : властивості матеріалу  $M$ , деформованим станом  $H$  і впливом середовища  $C$  [18]. Залежно від умов у системі  $M - H - C$ , можливі різні види руйнувань, від механічного із швидким розвитком тріщин до поступового руйнування через суцільну корозію.

За обстеженнями комбайнів, зварювальних з'єднань, можна визначити два періоди корозійного зносу: перший, тривалістю 1,5–2,5 роки, коли корозійний знос майже не спостерігається, і другий — після 2,5–3 роки експлуатації, коли корозійний знос стає інтенсивним, досягаючи на 5–6-му році 0,3–0,8 мм, що становить 40–60% товщини металу.

Відмінності структури зварних з'єднань та напруженим станом швів пояснюється хімічним складом основного металу. Електрохімічна неоднорідність поверхні зварних з'єднань у поєднанні з дією атмосферних опадів, високою

відносною вологістю значно збільшує швидкість утворення корозій зварних швів порівняно з основним металом. Наприклад, сталь 08сп має корозійну втрату зварних з'єднань  $340 \text{ г/м}^2$  за рік, що перевищує втрати основного металу ( $220 \text{ г/м}^2$ ) в 1,5 рази.

### **Висновки за розділом 1**

Корозія є однією з головних причин зниження довговічності та працездатності сільськогосподарських машин, що значно підвищує витрати на їх ремонт і відновлення. За період експлуатації підприємства змушені витратити на відновлення працездатності інтенсивно кородованих машин суми, які у 2–3 рази перевищують їх вартість.

Зварні з'єднання в сільськогосподарських машинах є особливо вразливими до корозійних пошкоджень через наявність зовнішніх дефектів, таких як підрізи, непровари та кратери, що сприяють прискоренню рівномірної корозії. Під дією атмосферної корозії протягом 12 місяців втомна міцність зварних з'єднань, виконаних ручним дуговим зварюванням, знижується на 45–47%, газовим зварюванням – на 28–40%, а точковим контактним зварюванням – на 52%. Застосування консерваційних складів, таких як ІВВС і Інгібі-С, збільшує довговічність зварних з'єднань у 1,7–2 рази, що підтверджує їх ефективність як тимчасового протикорозійного захисту.

Умови експлуатації кормозбиральних комбайнів є особливо агресивними через вплив соку рослин, зокрема кукурудзи, який містить до 0,35–0,39% вільних кислот і має  $pH$  5,1–5,2. У такому середовищі корозія сталі 07кп прискорюється в 4 рази, а сталей Ст. 3 і у 8–9 разів порівняно з водою. Лакофарбові покриття також руйнуються у 5 разів швидше під впливом соку, ніж у воді.

Корозія металу, особливо тонколистової сталі, погіршує механічні характеристики деталей. Наприклад, після чотирьох років експлуатації міцність кришок барабана кормозбирального комбайна знижується на 12%, а в місцях їх кріплення до рами, де корозійний процес протікає інтенсивніше, – на 22%.

## РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Процес консервації сільськогосподарської техніки спрямований передусім на забезпеченні їх безвідмовних, довговічних та ремонтпридатних удосконалених показників в міжсезонний період [14]. Збереженість техніки визначається її здатністю протистояти негативним впливам умов зберігання. Для збереження надійності машин на рівні, наближеному до початкового стану, необхідно передбачити якісну консервацію складових частин від старіння та від корозій.

Реалізація заходів із якісного захисту сільськогосподарських машин потребує фінансових витрат, трудових ресурсів, матеріалів, технічних і енергетичних засобів, які використовуються на етапах проектування, виробництва та експлуатації техніки. Таким чином, збереженість техніки, її властивість надійності є результатом постійної взаємодії з комплексом природних ресурсів та матеріально-технічної доглянутості.

Цей системний аналіз техніки дозволив розробити структурну модель взаємозв'язку між різними аспектами ресурсного зберігання сільськогосподарських машин, рис 2.1.

Розроблена модель являє собою складну систему, а саме кліматичні та техногенні впливи, що охоплюють атмосферний кисень, опади, сонячну радіацію, агресивні домішки, тепло, конденсовану вологу й забруднення, які активують процес корозії та деформації складових частин; ресурсний потенціал зберігання, який включає матеріальні та енергетичні ресурси, необхідні для збереження техніки; та технологія консервації, яке охоплює засоби та методи захисту від негативного впливу середовища.

Протягом терміну зберігання параметри системи постійно змінюються через старіння техніки та зниження її надійності.

Залежно від кліматичних умов у різних регіонах країни корозійна агресивність атмосфери варіюється, що вимагає диференційованого підходу до

витрат ресурсів для забезпечення зберігання машин. Урахування зональних особливостей дозволяє оптимізувати витрати на зберігання техніки та забезпечити її тривалу експлуатаційну придатність.

Ресурсний потенціал збереження є тісно пов'язаний з ресурсним забезпеченням технології консервації та включає основні наведені компоненти.

Наприклад – перший нормативно-технологічний компонент є важливим для дотримання державних та галузевих стандартів, нормативних документів, номенклатури захисного і конструкційного матеріалу розробки. Дотримання методико-рекомендованих технологій та конструкторських рішень для надійного захисту складових частин сільськогосподарських машин в процесі їх виробництва та експлуатації

Підсистема ресурсний потенціал зберігання дає тривалий захист сільськогосподарських машин, формуючи суттєвий "захисний бар'єр" на весь період зберігання техніки. Вкладені в цю підсистему ресурси забезпечують її ефективність протягом багатьох років використання.

Ресурсне забезпечення технологій консервації сприяє захисту техніки від впливу несприятливих факторів, відповідає за періодичне відновлення "захисного бар'єру" машин при їх зберіганні і подовження її терміну експлуатації. Ця підсистема потребує регулярних поповнень і оновлень ресурсів протягом усього періоду експлуатації техніки.

Ресурси цієї підсистеми поділяються на чотири основні групи:

- затрати праці (для механізованих робіт із консервації залучають обізнано кваліфікованих працівників, а непрофесійна праця залучається для ручної, допоміжної консервації.);
- матеріали (розчинники та компоненти для приготування консерваційних складів, консерваційні матеріали вже готові до використання);
- технічні ресурси (вироби для герметизації, оснащення, розвантаження конструкцій, розподілення знятих деталей, ручні інструменти і допоміжний інвентар);
- технічні засоби механізації обладнання для виконання операцій із консервації та його енергетичний привід (компресор), обладнання яке забезпечує перетворення енергії в необхідну для конкретної роботи;
- Енергетичні ресурси, а саме електрокомунікації, розподільні пристрої, проводи та кабелі для підключення технічних засобів;

- Енергетичні засоби і енергоносії які застосовуються для підготовки техніки до зберігання. (самохідне шасі, електроагрегати на бензині і на дизелі).

Процес удосконалення механізації робіт з консервації сільськогосподарських машин включає інтеграцію різноманітних ресурсів для досягнення ефективності та економії. Основні ресурси можна поділити на чотири групи: робітники, консерваційні матеріали, технологічне обладнання і енергетичні ресурси. У випадку використання ручної праці, зусилля зосереджуються на трьох основних групах ресурсів, тоді як для механізації процесів з консервації потрібно залучати всі чотири категорії.

Технологічне оснащення та технічні засоби є ключовими для підвищення ефективності консервації. Вони представлені як багаторазові ресурси, в той час як живі трудові ресурси, захисні матеріали та енергоносії витрачаються на кожен окремий цикл обробки машини. Цей баланс між ресурсами та їх використанням є критичним для оптимізації технології зберігання техніки, зокрема сільськогосподарської, у рамках агроінженерії.

На рівні агроінженерних процесів, важливо враховувати взаємодію між різними підсистемами. У моделі ресурсного забезпечення зберігання техніки виділяються прямі і зворотні канали зв'язку між ресурсами, що мають прямий вплив на ефективність захисту техніки від руйнування та зношування через зовнішні кліматичні і техногенні фактори. В умовах аграрної діяльності кліматичні впливи, зокрема зниження температури та підвищена вологість, значною мірою визначають вибір необхідних матеріалів та енергетичних ресурсів для забезпечення належних умов зберігання машин.

Оцінка ефективності використання ресурсів для консервації повинна враховувати баланс між вкладеними коштами та необхідними заходами для збереження техніки, що безпосередньо залежить від сезонних умов та специфіки технічних рішень, що застосовуються.

## Висновок за розділом 2

В процесі консервації сільськогосподарських машин значну частину витрат складає вартість захисних матеріалів і розчинників. Тому доцільним є пошук ефективних способів зниження витрат на ці матеріали, зокрема за рахунок використання вторинних ресурсів. Як приклад, можна залучати побічні продукти або залишки нафтохімічної промисловості, а також відпрацьовані нафтопродукти, які мають потенціал для повторного використання в процесі консервації сільськогосподарської техніки.

Ці вторинні ресурси, хоч і не є готовими захисними матеріалами, можуть бути адаптовані до потреб агроінженерії після відповідних фізико-хімічних обробок. Такі процедури дозволяють поліпшити їх протикорозійні та технологічні властивості, що робить їх придатними для застосування в технології зберігання техніки.

Такий підхід до ресурсного забезпечення технологій консервації є особливо актуальним в умовах зниження обсягів виробництва традиційних захисних матеріалів, а також при існуючій ціновій диспропорції між продукцією сільського господарства та промисловістю. Використання вторинних ресурсів дозволяє зменшити витрати на консервацію та забезпечити стійкий розвиток аграрної інфраструктури за рахунок економії матеріальних та енергетичних ресурсів.

## РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Методика та обладнання для проведення експериментальних досліджень

Виробничі дослідження елементів технології консервації тукорозкидальних машин, навісного агрегату для нанесення захисних складів проводились на майданчиках зберігання техніки сільськогосподарських підприємств Львівської області.

Протикорозійні властивості захисних сумішей залежать від інгредієнтів, які пригнічують (сповільнюють) електрохімічну корозію металу або підвищують атмосферостійкість покриттів. За результатами аналізу властивостей продуктів нафтохімії вибрано компоненти для розробки консерваційних складів на мазутній основі:

- Мазут М-100 – суміш вуглеводнів, нафтових смол, асфальтенів, карбенів, карбоїдів;

- Кубові аміни (присадка Емульгін) – термопластична речовина рожевокоричневого кольору, містить парафінові вуглеводні, первинні та вторинні аміни, що уповільнюють електрохімічну корозію сталі;

- Гарматне мастило ПВК (гарматне сало) – термопластична речовина світло-коричневого кольору, містить петролатум, оливу та інгібітори корозії;

- Присадка КО-СЖК – пластична речовина темно-коричневого кольору, що містить суміш монокарбонових жирних кислот і смолистих продуктів конденсації та полімеризації;

- Уайт-спірит – органічний розчинник із фракцій бензину з температурою кипіння 150 - 200 °С. Кількість уайт-спіриту впливає на технологічність нанесення покриття та його властивості.

Випробування проводили за стандартними методиками, викладеними в ДСТУ, тривалість випробувань – 15 діб. Концентровані розчини отримували шляхом змішування 4,5 кг дистильованої води (40-50 °С) з 1 кг гранульованих



добрив: карбаміду ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ), сульфату калію ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), хлориду калію ( $\text{KCl}$ ), аміачної селітри ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), суперфосфату.

Для випробувань у корозійно-активних середовищах пластини, покриті консерваційними складами, занурювали в розчини хлориду натрію і мінеральних добрив (рис. 3.1). Об'єм розчину становив  $15 \text{ см}^3$  на  $1 \text{ см}^2$  площі зразка. Після випробувань покриття з пластин видаляли розчинником, продукти корозії видаляли протруюванням пластин у 10% розчині соляної кислоти з 10 г/л інгібітора ПКУ. Очищені від корозії пластини промивали водою, сушили спиртом та зважували на аналітичних вагах.

На атмосферні випробування поставлені 2 партії по 12 пластин зі сталі 08кп розміром  $120 \times 60 \times 3$  мм, покриті інгібованим мазутним складом (84% мазут М100 + 6% Емульгін + 10% уайт-спірит) та бензино-бітумним складом (6 35% бітум + 5% відпрацьована олива). Контрольна партія – без покриття.

Масу компонентів відміряли на електронних вагах ВК-3000 (рис. 3.2) у відповідності з їх розкладом, компоненти завантажували в металеві кружки. Кухоль з компонентами для бензино-бітумного складу закривали кришкою і залишали набухати на 2 доби.



Рис. 3.2 - Електронні ваги ВК-3000

Потім компоненти бензинобітумного складу перемішували до повного розчинення шматків бітуму, фільтрували склад через сітку при переливі в лабораторну склянку. Компоненти інгібованого мазутного складу нагрівали до 80-90 °С, ретельно перемішували та фільтрували у гарячому вигляді. У нагрітому вигляді (38-43 °С) інгібований мазутний склад наносили пензлем на партії пластин, заздалегідь зважених на аналітичних електронних вагах Radwag PS 1000.X2.

Бензино-бітумний склад наносили пензлем за кімнатної температури. Покриті пластини вертикально підвішували у витяжній шафі на 5 діб для стікання надлишку складів. Потім на електронних вагах Radwag PS 1000.X2 зважували пластини [17].

Атмосферні випробування покриттів проводили за умов впливу кліматичних чинників Львівської області. Для випробувань на атмосферостійкість покриті складами пластини розміщували на відкритому корозійному стенді (рис. 3.3).

Знімання пластин з корозійного стенду здійснювали через 3, 6 міс., при кожному зніманні брали по 3 пластини з партії.

Покриття з пластин змивали розчинником (уайт-спіритом), продукти корозії видаляли протруюванням в 10% розчині соляної кислоти з 10 г/л інгібітора ПКУ. Очищені пластини промивали дистильованою водою, сушили спиртом і зважували на електронних аналітичних вагах Radwag PS 1000.X2.

Щільність ( $\text{кг/м}^3$ ) захисних сумішей вимірювали за допомогою ареометрів АОН-1 відповідно до ДСТУ. Захисну суміш нагрівали до  $80^\circ\text{C}$  і заливали в циліндр. У циліндр з нагрітим складом опускали термопар цифрового термометра і ареометр АОН-1, шкала якого охоплювала діапазон зміни щільності складу. У міру охолодження складу фіксували його температуру та позначку щільності по меніску на шкалі ареометра.

Управління процесом проведення експерименту та обробка даних, отриманих за допомогою вимірювальної установки, реалізовано на базі персонального комп'ютера, згідно з програмою розробленою в середовищі *LabView*.

В аграрній інженерії бітумні мастики мають важливе застосування для захисту сільськогосподарської техніки від атмосферної корозії. Виходячи з технічних вимог сільського господарства, бітумні мастики можуть застосовуватися для протикорозійної обробки огорож, труб водопровідних мереж, а також металоконструкцій, що експлуатуються в умовах постійної вологи та агресивних хімічних впливів. У процесі їх виготовлення, в якості основного компонента, використовується бітум, який комбінується з різноманітними модифікаторами та добавками. Це дозволяє значно підвищити захисні властивості мастик, адаптуючи їх до різних експлуатаційних умов.

### **Висновок за розділом 3**

У розділі було розроблено методику та підібрано обладнання для проведення експериментальних досліджень, спрямованих на оцінку ефективності захисних покриттів для сільськогосподарської техніки. Основна увага приділена дослідженню протикорозійних властивостей інгібованих мазутних складів і бензино-бітумних мастик, які виготовлялися на основі мазуту М-100 та бітуму з використанням різноманітних модифікаторів та присадок.

Експерименти проводилися відповідно до стандартів ДСТУ у корозійно-активних середовищах, таких як розчини мінеральних добрив і хлориду натрію, а також в умовах впливу кліматичних чинників Львівської області. Було оцінено

атмосферостійкість покриттів шляхом випробувань на корозійних стендах, що підтвердило практичну цінність використання даних складів у сільськогосподарських умовах.

Під час досліджень використано сучасні аналітичні методи та обладнання, такі як електронні ваги, ареометри, термометри та програмні засоби обробки даних (LabView). Це дозволило досягти високої точності вимірювань та ефективності проведення експериментів.

Результати підтвердили ефективність інгібованих мазутних складів і бензино-бітумних мастик у забезпеченні тривалого захисту металевих конструкцій сільськогосподарської техніки від корозії, навіть в умовах агресивного середовища. Отримані дані можуть бути використані для розробки технологічних рекомендацій щодо протикорозійної обробки техніки та металоконструкцій, які експлуатуються в аграрній сфері.

## РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Процес розробки нових рецептур бітумних мастик був орієнтований на зручність і доступність компонентів, що постачаються в сільське господарство, а також на можливість їх виробництва в умовах невеликого виробництва із використанням нескладного обладнання. Крім того, важливою умовою була забезпечення безпеки технологічних процесів, зокрема щодо пожежної та токсичної небезпеки під час приготування і нанесення мастик.

В якості вихідних компонентів були обрані доступні матеріали, що широко використовуються в агроіндустрії. До них відносяться: бітум, бітумно-каучукові суміші (наприклад, аеродромні мастики), суміші для захисту труб газопроводів від корозії, сланцева мастика для ущільнення скла в теплицях, а також присадка КО-СЖК, тобто залишки синтетичної жирної кислоти та уайтспірит, що є ефективним розчинником для плавлення компонентів мастик при температурі 90-110 °С [20].

Розроблені складники різних бітумних мастик, що забезпечують високий рівень захисту техніки від атмосферної корозії, а також є економічно вигідними для використання в аграрному секторі показано в табл. 4.1

Мастики  $M_1$  і  $M_2$  складаються з різних бітумних сумішей (каучукова та атактична) для забезпечення покращених властивостей при застосуванні на сільськогосподарській техніці.

Вміст компонентів варіюється залежно від складу суміші, зокрема змішування бітуму, сланцевої мастики, присадок і уайт-спіриту.

Для приготування мастик використовуються наявні компоненти, доступні в аграрному секторі, що робить ці матеріали економічно вигідними для захисту від корозії.

Бітумні мастики обох модифікацій ( $M_1$  і  $M_2$ ) наносили на сталеві пластини (Ст 3) пензлем в два шари з інтервалом 2 години при температурі 30–40 °С. Після нанесення на поверхні металу формувалося еластичне чорне покриття з хорошою адгезією до металу, що забезпечувало надійний захист від атмосферної корозії.

Для оцінки захисної ефективності мастик були проведені випробування як в лабораторних, так і в виробничих умовах. Порівняння захисних властивостей двох різних мастик ( $M_1$  і  $M_2$ ) з мастиками промислового виготовлення проводилося у в 0,5М розчині хлориду натрію, що імітує агресивні умови, які можуть бути характерними для експлуатації сільськогосподарської техніки.

У таблиці 4.2 представлені порівняльні дані щодо захисної здатності мастик  $M_1$  і  $M_2$  та промислових мастик. Це дозволяє оцінити їх ефективність при захисті металевих поверхонь від корозії в умовах підвищеної вологості та агресивних хімічних впливів. Результати дослідження показують, які з мастик забезпечують найбільш стійкий захист, що дозволяє вибрати найбільш ефективний матеріал для застосування в агроінженерії для продовження терміну служби сільськогосподарської техніки.

У табл. 4.2 наведено порівняння захисної здатності трьох типів мастик у 0,5 М розчині хлориду натрію ( $NaCl$ ), що імітує умови агресивного середовища. Як видно, мастики  $M_1$  і  $M_2$  демонструють високу стійкість до корозії, забезпечуючи на 15-20% кращий захист порівняно з промисловими мастиками. Мастика  $M_1$  має найкращі показники, захищаючи металеві поверхні від корозії впродовж 240 годин.

Ці результати свідчать про високу ефективність розроблених мастик у захисті металу від корозії в умовах сільськогосподарської експлуатації, що дозволяє рекомендовані мастики для використання на сільськогосподарських машинах для продовження терміну їх служби..

Швидкість корозії незахищених пластин зі сталі Ст3 становила  $1,31 \text{ г/м}^2$  за добу.

Як видно з наведених результатів, мастики  $M_1$  і  $M_2$ , Тектіл – 320 та Гравітекс показали високий рівень захисту (більше 90%) після 14 днів випробувань у 0,5 М розчині  $\text{NaCl}$ .

Мастика "Боді" забезпечила найкращий захист з усіх випробуваних матеріалів (98% захисної здатності).

Мастики  $M_1$  і  $M_2$  продемонстрували порівнянні результати, що підтверджує їх ефективність в агресивних умовах середовища з високою концентрацією хлориду натрію.

Мастика Тектіл – 332 мала найнижчий показник захисної здатності серед усіх випробуваних матеріалів, що може бути пов'язано з тонким покриттям (0,25 мм).

Ці результати дозволяють зробити висновок про високу ефективність мастик  $M_1$  і  $M_2$  для захисту металевих поверхонь від корозії в умовах сільськогосподарської експлуатації, зокрема в агресивних середовищах з підвищеною вологістю та наявністю солей.

Ця таблиця відображає основні хімічні складові мінеральних добрив, які використовуються в аграрній практиці для підживлення рослин, а також їх потенціал щодо впливу на корозійні процеси при контакті з металевими поверхнями.

У сухих мінеральних добривах та дорожній пісочно-сольовій суміші мастики  $M_1$  і  $M_2$  продемонстрували захисну здатність на рівні 100%.



Результати досліджень підтверджують, що мастики  $M_1$  і  $M_2$  можуть бути застосовані для захисту сільськогосподарської техніки, що експлуатується в умовах контакту з різними добривами і агресивними середовищами.

У насичених водних розчинах добрив захисна здатність мастик дещо знизилась, особливо в разі застосування мастики при контакті з амофосом дослід №1  $M_1$  – (85%) і дослід №2  $M_2$  – (68%).

Мастики  $M_1$  і  $M_2$  можуть бути ефективно використані для захисту сталевих виробів при нетривалому впливі водних розчинів мінеральних добрив, за винятком амофосу (дослід 1 і 2), та із дослідів 10 і 12.

Ці результати підтверджують високу ефективність мастик  $M_1$  і  $M_2$  для захисту металевих поверхонь від корозії в агресивних умовах, пов'язаних з експлуатацією сільськогосподарської техніки та обладнання.

Ці результати важливі для вибору оптимальних матеріалів для захисту техніки в сільському господарстві, що дозволяє значно підвищити її довговічність і ефективність при експлуатації в агресивних умовах.

Результати досліджень, автомобільних кузовів, із застосуванням мастики  $M_1$  і  $M_2$  як захисного покриття від корозії органів плуга на два сезони (шість місяців) залежно від інтенсивності експлуатації з агресивним середовищем позитивно підтвердили антикорозійну стійкість бітумним мастикам  $M_1$  і  $M_2$ , результативне застосування бітумних мастик для захисту від корозії в умовах агресивної атмосфери тваринницьких приміщень, сільськогосподарських машин, плугів та

іншого технічного обладнання протягом двох років. Завдяки проведеному дослідженню і розробленим методом підвищення стійкості металу бітумними мастилами, покриттям, можуть бути рекомендовані для використання навіть при реконструкції та будівництві тваринницьких приміщень. Вони забезпечують ефективний протикорозійний захист металоконструкцій і комунікацій за умови, що ці елементи недоступні для контакту з тваринами [17, 18].

Також проведені дослідження для підвищення довговічності сільськогосподарських машин шляхом розроблення заходів для запобігання атмосферній корозії за допомогою бітумними мастиками, підтвердили їх високі захисні властивості, що демонструє універсальність і ефективність розроблених мастик у різних умовах експлуатації.

Для оцінки можливості використання мастик для захисту від корозії робочих органів ґрунтообробних машин були проведені випробування протягом літньо - осіннього періоду. Плуги ПЛН-3-35 зберігалися на відкритому бетонному майданчику, а результати досліджень, представлені на рис. 4.1, які свідчать про ефективність мастик у захисті металевих поверхонь від корозійного впливу в умовах відкритого зберігання.

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

Дослідження, представлені на рис. 4.1, демонструють, що запропоновані мастики  $M_1$  і  $M_2$  є перспективними засобами для захисту сільськогосподарської техніки, тваринницького обладнання та автомобілів від корозії в різних умовах експлуатації та є ефективним захистом робочих органів плуга від атмосферної корозії протягом 6 місяців зберігання. Це підтверджує доцільність їх застосування для протикорозійного захисту сільськогосподарської техніки.

#### **Висновок за розділом 4**

Дослідження показали, що стійкі бітумні мастики  $M_1$  і  $M_2$  забезпечують високий рівень захисту від корозії в агресивному середовищі тваринницьких приміщень, зокрема корівників, свинарників Враховуючи що стійкість до корозії незахищеної сталі становить лише 0,06–1,44 г/м<sup>2</sup> на добу, тоді як при застосуванні мастик прогнозується відсутність корозії протягом двох років. Корозія металу, покритої цими експериментальними мастиками, не зафіксована протягом року. Атактична суміш, бітум, сланцева мастика, присадка КО – СЖК, та уайспіріт забезпечують захист сталі Ст3. і у насиченому розчині мінеральних добрив становить захист на рівні 84–100%

У порівнянні з незахищеною сталлю, де швидкість корозії була значно вищою, мастики  $M_1$  і  $M_2$  показали значно кращі результати, що підтверджує їх ефективність у реальних умовах.

Ці результати підкреслюють важливість застосування бітумних мастик для захисту робочих органів ґрунтообробних машин від корозії в різних галузях, особливо в сільському господарстві для аграрного сектору.

Ці результати демонструють високий рівень захисних властивостей бітумних мастик і їх потенціал для застосування в аграрному секторі, а також у галузі.

## **РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

### **5.1. Загальні положення з охорони праці**

Охорона праці є важливим аспектом забезпечення безпечних умов для працівників під час виробництва, транспортування, застосування та утилізації бітумних мастик. Роботи з мастиками передбачають контакт із хімічними речовинами, високими температурами та механічним обладнанням, що становить потенційну небезпеку для здоров'я працівників. Основними завданнями системи охорони праці є навчання персоналу безпечного поводження з матеріалами, технічними засобами та інструментами; забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), такими як рукавички, респіратори, окуляри, спеціальне взуття і захисний одяг, стійкий до високих температур і хімічного впливу; організація регулярного медичного огляду працівників, зайнятих у технологічному процесі, для виявлення можливих професійних захворювань; забезпечення відповідності робочих місць вимогам ДСТУ та ДБН щодо безпеки праці, вентиляції та освітлення [22].

### **5.2. Безпека при виробництві та застосуванні мастик**

Процеси виробництва та застосування бітумних мастик включають кілька етапів, які можуть створювати ризики для працівників: нагрівання бітуму та інших компонентів, виділення летких органічних сполук (ЛОС), робота з розчинниками та гарячими матеріалами. Потенційними небезпеками є теплові опіки при нагріванні бітуму; токсичний вплив ЛОС, які виділяються під час нагрівання уайт-спіриту та бітуму; пожежна небезпека через легкозаймісті компоненти. Заходи безпеки включають контроль температури при нагріванні компонентів (оптимально 90–110 °С); використання механічних змішувачів із герметичними кришками для запобігання виділенню шкідливих речовин у повітря; організацію примусової вентиляції у виробничих приміщеннях, зокрема

над місцями нагрівання мастик; встановлення сенсорів виявлення концентрації ЛОС у повітрі для автоматичного увімкнення вентиляції; розміщення протипожежного обладнання, такого як вогнегасники, пісок, азбестові ковдри.

### **5.3. Охорона навколишнього середовища**

Екологічна безпека під час виробництва та застосування бітумних мастик має враховувати всі етапи життєвого циклу продукції: від отримання сировини до утилізації відходів. Потенційними екологічними ризиками є повітряне забруднення через виділення ЛОС та інших шкідливих речовин під час нагрівання мастик; забруднення ґрунту та води через розливи розчинників, бітуму або залишків мастик; утворення твердих відходів у вигляді непридатних залишків матеріалів, зношених захисних покриттів. Заходи з охорони навколишнього середовища передбачають встановлення фільтрів для очищення повітря від ЛОС у місцях виробництва та нанесення мастик; використання контейнерів із подвійними стінками для зберігання небезпечних рідин і мастик; утилізацію залишків мастик і розчинників через спеціалізовані підприємства, що мають відповідні ліцензії; переробку відходів, використання залишків бітумних матеріалів для створення вторинної сировини; зменшення використання уайт-спіриту шляхом переходу на водорозчинні розчинники; організацію екологічного моніторингу на території підприємства.

### **5.4. Організація безпечного зберігання мастик і компонентів**

Правильне зберігання бітумних мастик і компонентів є ключовим фактором для запобігання негативним наслідкам. Мاستики та компоненти необхідно зберігати у спеціально відведених місцях із системою вентиляції та пожежогасіння. Важливо забезпечити ізоляцію легкозаймистих матеріалів від джерел тепла та іскроутворення, регулярно перевіряти герметичність контейнерів

із хімічними речовинами, маркувати ємності відповідно до стандартів безпеки із зазначенням складу, класу небезпеки та інструкцій з використання.

### **5.5. Рекомендації з підвищення екологічної безпеки**

Замінити токсичні компоненти, такі як уайт-спірит, на біорозкладні альтернативи або розчинники на водній основі. Впровадити замкнуті цикли виробництва мастик, що дозволяють утилізувати залишки продуктів без утворення відходів. Розробити екологічні рецептури мастик із використанням відновлюваних природних компонентів, таких як рослинні олії, природні смоли. Використовувати технології енергозбереження у виробничих процесах, такі як нагрівання за допомогою інфрачервоного випромінювання. Здійснювати утилізацію старих покриттів через спеціалізовані підприємства, що забезпечують безпечне спалювання чи переробку бітуму. Організувати інформаційну кампанію для працівників і громадськості щодо безпечного поводження з бітумними мастиками та компонентами.

### **Висновки за розділом 5**

Висновки з розділу "Охорона праці та навколишнього середовища" підкреслюють важливість забезпечення безпечних умов праці в процесах розробки та використання бітумних мастик. Це досягається через застосування ефективних систем вентиляції, використання індивідуальних засобів захисту, таких як респіратори та рукавички, а також дотримання технологічної дисципліни. Контроль за рівнем викидів шкідливих речовин у повітря і їх концентрацією в робочій зоні повинен проводитися відповідно до встановлених санітарних норм. Моніторинг якості повітря є необхідним для зниження ризиків для здоров'я працівників.

Розробка бітумних мастик із використанням доступних і менш шкідливих компонентів дозволяє значно знизити екологічне навантаження на довкілля.

Використання таких складників, як уайт-спірит і присадка КО-СЖК, забезпечує високу ефективність мастик із мінімальними викидами токсичних речовин. Важливим аспектом є утилізація відходів, що утворюються під час виробництва та застосування мастик, відповідно до нормативів екологічної безпеки. Замкнуті системи і повторне використання побічних продуктів сприяють зменшенню негативного впливу на довкілля.

Впровадження технологій консервації сільськогосподарської техніки із застосуванням розроблених мастик забезпечує збільшення довговічності обладнання, зменшення частоти ремонтів і економію ресурсів, що позитивно впливає на екологічну складову. Оптимізація технологічних процесів із використанням мастик із високими захисними властивостями зменшує корозію, що знижує утворення вторинних відходів металу.

Загалом, впровадження розроблених технологій із застосуванням бітумних мастик сприяє підвищенню ефективності сільськогосподарської техніки та забезпечує дотримання принципів екологічної безпеки.



## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Підвищення довговічності сільськогосподарських машин є важливим завданням агроінженерії, що безпосередньо впливає на ефективність їх експлуатації та зниження витрат на технічне обслуговування і ремонти.

Розроблені бітумні мастики ( $M_1$  - Бітумно-каучукова і  $M_2$  - Бітумно-атактична) продемонстрували високу ефективність у захисті сільськогосподарської техніки від корозії в агресивних середовищах. Їх антикорозійні властивості перевищують показники промислових аналогів на 15–20%. Впровадження цих мастик дозволяє значно знизити витрати на ремонт і обслуговування техніки, підвищуючи її експлуатаційну надійність та довговічність.

Компоненти мастик (бітум, сланцева мастика, присадка КО-СЖК, уайт-спірит) забезпечують покращені антикорозійні властивості завдяки високій адгезії, еластичності покриттів і стійкості до впливу хімічних середовищ. Присадка КО-СЖК, яка є залишковим продуктом синтетичних жирних кислот, відіграє ключову роль у стабільності захисного шару, підвищуючи ефективність мастик.

У сухих мінеральних добривах мастики забезпечують 100% захист, а в їх насичених розчинах — до 85–100%, залежно від типу добрива. Це підтверджує ефективність мастик у складних умовах експлуатації, характерних для сільськогосподарської техніки.

Розроблені мастики відповідають сучасним вимогам економічності та екологічної безпеки. Вони виготовляються з доступних компонентів і не потребують складного обладнання, що робить їх придатними для виробництва на малих підприємствах.

Мастики рекомендовано застосовувати для обробки робочих органів ґрунтообробної техніки, зварних з'єднань і металоконструкцій, які піддаються впливу атмосферної корозії та хімічних середовищ. Їх також доцільно

використовувати для захисту техніки під час зберігання в умовах підвищеної вологості.

Використання мастик  $M_1$  і  $M_2$  у поєднанні з методами консервації дозволяє зменшити швидкість корозії в 2–3 рази, що сприяє подовженню терміну служби сільськогосподарської техніки та зниженню витрат на її технічне обслуговування.

З метою зниження вартості захисних матеріалів рекомендовано дослідити можливість використання вторинних ресурсів, таких як побічні продукти нафтохімічної промисловості та відпрацьовані нафтопродукти, після їх відповідної обробки.

Для підприємств сільського господарства пропонується розробити методичні рекомендації щодо застосування мастик  $M_1$  і  $M_2$ , включаючи процедури їх нанесення, консервації техніки та підготовки до зберігання. Це сприятиме більш широкому впровадженню нових розробок у практику.

Екологічна безпека мастик забезпечується мінімальним рівнем токсичних викидів під час їх виготовлення, нанесення і експлуатації, що відповідає сучасним екологічним стандартам.

## 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.