

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

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра машиновикористання та сервісу технологічних систем

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

СОЛОГУБ КАТЕРИНА ВІКТОРІВНА

УДК 620.193

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Розробка заходів для запобігання атмосферної корозії
сільськогосподарських машин**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ К.В. Сологуб

Керівник роботи

Міненко С.В.

кандидат технічних наук

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

Сологуб Катерина Вікторівна. Розробка заходів для запобігання атмосферної корозії сільськогосподарських машин. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

В магістерській роботі встановлено, що для ефективної консервації машин в підприємствах агропромислового комплексу необхідне створення децентралізованої системи виробництва і застосування консерваційних матеріалів з відходів нафтохімічної промисловості і відпрацьованих масел, вдосконалення технологій їх приготування і нанесення, що знижують вартість робіт до 50%. Вони потребують певних фізико-хімічних впливів з метою поліпшення протикорозійних і технологічних властивостей одержуваних при цьому нових захисних матеріалів. Подібний шлях ресурсного забезпечення технологій консервації представляється раціональним в умовах зниження промислового виробництва захисних матеріалів і диспропорції в цінах на продукцію сільського господарства і промисловості.

Розроблені засоби захистку поверхонь деталей сільськогосподарських машин, що включають бітумно-каучукову і атактичну суміш, бітум, сланцеву мастику, присадку КО-СЖК і уайт-спірит захищають сталь Ст. 3 на рівні 84 ... 100% в насиченому розчині мінеральних добрив. У тваринницьких приміщеннях стійкість до корозії не захищеної сталі знаходиться в межах 0,06...1,44 г/м² на добу, а при захисті мастиками вона відсутня протягом 2-х років.

Ключові слова: корозія, захист, мастика, сталь, сільськогосподарські машини

ANNOTATION

Sologub Kateryna Viktorivna. Development of measures to prevent atmospheric corrosion of agricultural machinery. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. - Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

In the master's thesis it is established that for effective preservation of machines in the enterprises of agro-industrial complex it is necessary to create a decentralized system of production and application of conservation materials from petrochemical waste and waste oils, improvement of their preparation and application technologies, reducing work costs by up to 50%. They require certain physicochemical effects in order to improve the anti-corrosion and technological properties of the resulting new protective materials. Such a way of resource provision of conservation technologies seems rational in the conditions of reduction of industrial production of protective materials and disproportion in the prices for products of agriculture and the industry.

Developed means of protection of surfaces of details of agricultural machines, including bituminous-rubber and atactic mix, bitumen, shale mastic, KO-SZhK additive and white spirit protect steel of Art. 3 at the level of 84 ... 100% in a saturated solution of mineral fertilizers. In livestock premises, the corrosion resistance of unprotected steel is in the range of 0.06 ... 1.44 g / m² per day, and when protected with mastic, it is absent for 2 years.

Key words: corrosion, protection, mastic, steel, agricultural machines

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА КОРОЗІЙНУ СТІЙКІСТЬ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН.....	8
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ РЕСУРСНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБЕРІГАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.....	18
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХИСНОГО ЕФЕКТУ БІТУМНИХ МАСТИК В УМОВАХ РЕАЛЬНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНІКИ.....	24
ВИСНОВКИ.....	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	31

ВСТУП

Однією з основних умов збільшення виробництва сільськогосподарської продукції є підвищення рівня технічної оснащеності господарств. В даний час оснащеність сільськогосподарських підприємств бурякозбиральними і зернозбиральними комбайнами становить всього 38 і 44% від потреби. 75...85% машин, придбаних сільгоспвиробниками, відносяться до категорії були у вжитку. Нову техніку сільгосппідприємства купують у невеликій кількості через високу ціну.

У зв'язку з тим, що темпи оновлення машинно-тракторного парку недостатні, гостро стоїть проблема збереження наявних сільськогосподарських машин і використання старої і відновленої техніки. Заводський рівень протикорозійного захисту не забезпечує справний стан сільгоспмашин в міжсезонний період, тому необхідно проводити комплекс робіт по їх консервації при підготовці до тривалого зберігання. Низька якість консервації машин є однією зі значних причин збільшення на 35...50% витрат на підтримку працездатності машинно-тракторного парку. Специфіка ситуації полягає в обмеженому платоспроможному попиті на ресурси для консервації сільськогосподарської техніки при досить значною потребі в них.

У зв'язку з відсутністю ефективних матеріалів і технічних засобів, що проводяться заходи по консервації робочих органів не забезпечують повноцінний захист від корозії, що призводить до зниження безвідмовності вузлів і додаткових втрат сільгосппродукції внаслідок простоїв з технічних причин.

Дослідження і розробки, пов'язані з консервацією сільськогосподарської техніки, в основному були спрямовані на розвиток бази зберігання машин, вивчення корозійно-втомної стійкості металів і продовження терміну служби деталей, обґрунтування ефективних технологій консервації з використанням захисних матеріалів промислового виробництва, створення

багатофункціональних технічних засобів для виконання робіт зі зберігання техніки силами спеціалізованих служб [1-6]. Ці дослідження свого часу вплинули на підвищення якості консервацій і працездатності сільгоспмашин.

Однак в сучасних умовах потрібне істотне розширення наукового пошуку в напрямку вдосконалення технологій консервації сільськогосподарської техніки з урахуванням умов низької платоспроможності сільськогосподарських підприємств. При низькій прибутковості сільськогосподарського виробництва доцільно створення децентралізованих технологій, орієнтованих на раціональне використання власних ресурсів підприємств з урахуванням специфіки зберігання техніки.

Мета і задачі дослідження. Мета досліджень – підвищити надійність сільськогосподарської техніки шляхом розробки заходів з недопущення атмосферної корозії поверхонь під час зберігання.

Для досягнення поставленої необхідно було вирішити наступні задачі:

- Проаналізувати фактори, які впливають на корозійну стійкість деталей сільськогосподарських машин;
- Обґрунтувати моделі ресурсного забезпечення зберігання сільськогосподарської техніки;
- дослідити захисний ефект бітумних мастик в умовах реальної експлуатації техніки.

Об'єкт дослідження: корозійні процеси руйнування поверхонь деталей та агрегатів сільськогосподарської техніки.

Предмет дослідження: закономірності впливу навколишнього середовища та засобів захисту на інтенсивність протікання корозійних процесів на поверхнях деталей сільськогосподарських машин.

Методи дослідження. Дослідження виконано з використанням загальнонаукових методів пізнання, прикладної фізики, аналітичної хімії та механіки. Обробку експериментальних даних виконано за допомогою методів математичної статистики.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. **Сологуб К.В.** Особливості корозії та зношування техніки в сільському господарстві. Збірник матеріалів і Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції «*Теорія і практика сучасної науки очима молоді*» 26 березня 2020 року (проведено он-лайн 30 квітня 2020 року) м. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка. С. 65-66

2. Міненко С. В., **Сологуб К. В.** Процеси на межі розділу фаз. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "*Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability*", 15-17 квітня 2020 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. С. 22-24.

3. 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

Практичне значення одержаних результатів. Результати роботи дозволяють вирішити проблему консервації сільськогосподарських машин шляхом використання доступних ресурсів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 19 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 32 сторінки комп'ютерного тексту, містить 4 таблиці і 2 рисунки.

РОЗДІЛ 1

ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА КОРОЗІЙНУ СТІЙКІСТЬ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Сільськогосподарське виробництво країни в своєму розпорядженні має величезний парк машин і знарядь, умови експлуатації та зберігання яких відрізняються специфічними особливостями. При зберіганні на відкритих майданчиках під дією атмосферних опадів, сонячної радіації, домішок корозійно-активних газів підвищеної вологості повітря, перепадів температури, і технологічних забруднень металеві поверхні машин інтенсивно кородують. Корозія призводить до зменшення міцності деталей, втрат металу, зниження довговічності та зносостійкості [3].

Швидкість процесу корозії залежить від агресивності середовища, тривалості її впливу, температури повітря, стану поверхні металу (складу і структури захисної плівки), хімічного складу металу і наявності механічних напруг, особливості конструкції (наявність зварювальних швів, болтових і клепаних з'єднань, порожнин і щілин) [4]. Агресивними агентами, що впливають на швидкість корозії, є діоксид сірки (SO_2), вуглекислий газ, аміак, хлористий водень, сірководень та інші гази. Швидкість корозії різко зростає при досягненні критичної відносної вологості $\Psi_{кр}$ повітря [5] (табл. 1.1).

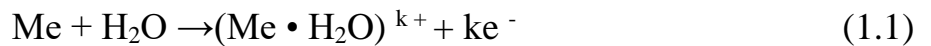
Таблиця 1.1 - Залежність $\Psi_{кр}$ кр від стану поверхні металу

Метал	Стан поверхні і склад атмосфери	$\Psi_{кр}$ %
Залізо	Чиста поверхню і чисте повітря	Близько 100
	Чиста поверхню і 0,01% SO_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

Корозійним середовищем служить плівка води, в якій розчинені кисень і агресивні домішки, що сприяють активації електрохімічної корозії. Продукти

корозії складаються, головним чином, з гідроксиду заліза FeOOH (70...80%) і Fe_2O_3 (10...20%). Зміст FeO , Fe_3O_4 і FeSO_4 не перевищує 0,9%. Пухкий гідроокис заліза за рахунок своєї гігроскопічності збільшує адсорбцію і капілярну конденсацію парів води і тим самим прискорює процес корозійного руйнування металу.

Частинки пилу, вугілля, шлаку, золи, потрапляючи на поверхню деталей машин, здатні утворювати осередки корозії внаслідок адсорбції вологи в місцях їх контакту з поверхнею металу. Крім того, багато хто з частинок містять розчинні компоненти, які в поєднанні з вологою створюють сприятливі умови для протікання анодної реакції окислення металу:



Реакція (1.1) визначає матеріальні втрати металу при корозії. Локалізація реакції (1.1) на окремих ділянках поверхні призводить до місцевих руйнувань конструкційний матеріал, утворення піттингів і виразок, порушення кордонів зерен металів і сплавів, внутрішньокристалічної корозії. Глибина корозійних вражень при цьому досягає 860 мкм на рік, що призводить до різкого зниження міцності та експлуатаційних характеристик машин.

Найбільш сильно руйнуються сталеві вироби, що зберігаються на поверхні ґрунту, їх втрата маси від корозії становить 208 г/м^2 на рік [7]. Корозійні втрати виробів зі сталі, що зберігаються на відкритому майданчику, в 1,4 рази менше, а в закритому неопалюваному приміщенні в 8 разів менше. Великі перепади денних і нічних температур у вересні – жовтні і високі показники температури і вологості в березні – травні сприяють розвитку корозійних процесів.

Атмосферна корозія деталей сільськогосподарських машин може збільшитися в 10 разів і більше при наявності агресивних середовищ – мінеральних і органічних добрив, отрутохімікатів, ґрунту. З підвищенням

вологості добрив зростає ступінь їх дисоціації і швидкість електрохімічної корозії металу [6]. При надмірному підвищенні вологості швидкість корозії сповільнюється внаслідок зменшення припливу кисню повітря до поверхні металу. Для кожного виду добрива (в залежності від його вологоємності) існує максимум швидкості корозії [8]. Ряд корозійної активності мінеральних добрив наводиться в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Корозійна активність мінеральних добрив і стійкість сталей

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

Характер корозійних вражень в кожному виді мінеральних добрив різний. У суперфосфаті, сечовини та аміачної селітри корозія відбувається більш рівномірно; в нітрофоски і мідному купоросу переважає корозія з утворенням глибоких пітингів, що часто призводить до руйнування деталей при незначній корозійній втраті маси [9].

Серед органічних добрив найбільшою корозійною активністю володіють торфогноєві компости, менш активні екскременти корів і гній на їх основі, а також торф. Корозійні процеси обумовлюються повільно протікають хімічними реакціями [7]. Втрата маси металу і зниження міцності конструкції кількісно визначаються після тривалого контакту з добривами. При цьому швидкість корозії сталі в органічних добривах в 2,5...5 разів вище, ніж на відкритих майданчиках [8].

Результати [9] натурних випробувань металів в атмосфері свинарників показують, що маловуглецеві сталі схильні до підвищеного корозійного руйнування, ніж високовуглецеві (таблиця 1.3). Корозійні втрати металів залежать також від висоти їх розташування від підлоги приміщення.

Таблиця 1.3 – Корозія конструкційних матеріалів в атмосфері свинарника протягом одного року, г/м²

Марка	Висота розміщення від підлоги, м			
	0,2	0,5	1,0	1,5
Сталь Ст. 3	570	562	557	550
Сталь 20	487	480	471	460
Сталь 35	485	473	450	441
Сталь 45	450	440	435	428
Сірий чавун СЧ 18-36	398	377	360	351

При зберіганні сільськогосподарської техніки корозійні впливи руйнують і змінюють стан поверхні сталевих виробів, що сприяє зниженню зносостійкості і втомної міцності. Як показали дослідження [6], попередня корозія протягом 20-ти місяців значно збільшує швидкість зношування сталей ст. 3 і 45 в кварцовому піску: при закритому зберіганні – в 2,1...2,3 рази, на відкритому майданчику – в 3,8...5,3 рази, на поверхні ґрунту та в середовищі добрив – в 3,2...6,8 рази [10].

Атмосферна корозія знижує втомну міцність сталей. Так за 12 місяців корозії межа втомної міцності сталі 20 і сталі Ст. 3 (без захисного покриття) зменшилася: при зберіганні під навісом – відповідно на 25 і 35%, при зберіганні на відкритому майданчику – на 28% і 41%. Це пов'язано з утворенням концентраторів напружень і вирішальний вплив справляє глибина корозійних

пітингів. При нанесенні тонкого шару (0,05...0,1 мм) консерваційного мастила НГ-204, межа втомної міцності для різних вуглецевих сталей, що зберігалися на відкритих майданчиках, зменшилася всього на 1,2...1,4% в рік [11].

Корозійні враження, в першу чергу, з'являлися на тих поверхнях деталей, у яких зруйнований шар фарби через механічне пошкодження, а також внаслідок порушення правил постановки машин на зберігання. Найбільш небезпечна корозія для деталей, що працюють при циклічних або ударних навантаженнях (пружини, пружинні лапи культиваторів, вали і т.д.). Термін служби деталей через втомні руйнування скорочується на 40 ... 60%. При аналізі зламів таких деталей встановлено, що початком для багатьох руйнувань послужили враження і пітинги від корозії [12].

Глибина ураження деяких груп деталей досягає неприпустимо великих величин. Так, якщо осі насінневі ящики, захисні кожухи, рами уражаються корозією на глибину 0,02...0,07 мм за рік, то робочі органи і опорні частини, що контактують з ґрунтом, на глибину до 0,12...0,14 мм. Сегменти ножів ріжучих апаратів жаток і комбайнів виготовлені з листової сталі У9 товщиною 2 мм. Корозійні враження незахищених сегментів на відкритому майданчику склали 108 г/(м²·рік), при зберіганні в закритому приміщенні – 24 г/(м²·год). Навіть при відносно невеликому ступені корозії сегментів (в приміщенні) поверхню їх різальних крайок ставала хвилястою з численними зруйнованими ділянками. При більш значній корозії на відкритому майданчику руйнуються не тільки ріжучі кромки, а й зубці насічки, що призводить до різкого погіршення якості роботи ріжучих апаратів [12].

Корозійні руйнування інтенсифікують знос сполучень і вузлів тертя, знижують міцність від втоми, що призводить до появи численних тріщин і розривів металу, особливо в тонколистових металоконструкціях і зварних з'єднаннях. Внаслідок цього знижуються працездатність і ресурс машин, збільшуються витрати на ремонт і усунення відмов [10].

Обробка даних по корозійних руйнувань деталей зернозбиральних комбайнів Лан, що надійшли в перший капітальний ремонт, дозволила встановити, що після 2...3 років експлуатації до корозійних руйнувань були схильні деталі і вузли 224 найменувань. При цьому площа їх корозійних уражень становила від 15 до 90% всієї поверхні. У цю номенклатуру увійшли ріжучий апарат, кріплення, ланцюги, шківви, зірочки, а також деталі з тонколистової сталі: шнек і днище жатки, внутрішні поверхні похилої камери елеваторів, шківів і бункера, кожухи вентилятора і вивантажувального шнека, боковини молотарки.

Проведені випробування [7] металокопструкцій з тонколистової сталі марок Ст. 3 і 08кп товщиною 1,0 і 0,8 мм, показали, що після атмосферної корозії протягом 12 місяців їх втомна міцність знизилась в середньому на 35%, а корозійно-втомна - на 45% при глибині корозійних руйнувань – 0,21 мм. У зразків, пофарбованих емаллю ПФ-133, після восьмирічного перебування в умовах відкритої атмосфери втомлювальна міцність знизилася на 25% при глибині корозії – 16 мм.

Обробка поржавіли поверхні модифікатором іржі підвищує витривалість листових копструкцій зернозбиральних комбайнів в умовах сумісної дії корозії і механічних навантажень приблизно на 10% [16]. Електрохімічними дослідженнями встановлено, що після обробки прокородованої поверхні обшивки комбайна модифікатором іржі значно гальмувалася анодна реакція металу. Металографічними дослідженнями відзначено згладжування рельєфу поверхні, зниження ефективності концентраторів напруги, що сприяло підвищенню витривалості металу.

Обстеженням машин для обприскування рослин отрутохімікатами дозволило виявити, що 70 ... 80% ушкоджень мають корозійний характер. Резервуари обприскувачів, виготовлені з низьковуглецевих сталей і захищені лакофарбовим покриттям ХВ-785 і ХСЕ, не пристосовані для роботи в корозійно-агресивних середовищах. Внаслідок корозійного руйнування

резервуара продуктивність машин зменшується на 15%, а довговічність на 30...60% [17]. Встановлено, що корозійна активність ядохімікатів зростала зі збільшенням ступеня розчинності в воді. Найбільш активними отрутохімікатами, який інтенсивно руйнують сталь марки Ст. 15кп є мідний купорос, карбофос та ріціфон, швидкість корозії в яких відповідно 0,594, 0,176 і 0,110 мм/рік. Глибина пітингів сталі в ріціфоне досягає 0,42...0,74 мм за 85 днів. Корозійне враження при поперемінному зануренні збільшується в 1,3...2,5 рази по порівнянні з постійним перебуванням в отрутохімікатах. Швидкість корозії внутрішньої поверхні резервуара в 15...30 раз вище, ніж зовнішньої.

Застосовувані для захисту резервуара лакофарбові покриття з перхлорвінілової емалі ХВ-785 товщиною 60...70 мкм руйнуються з першого дня роботи резервуара [18]. Отрутохімікати вільно проникають до поверхні металу, що свідчить про недостатню суцільність покриття.

Електрохімічним методом встановлено, що повна суцільність покриття наступала при товщині 160 мкм, а повне припинення доступу рідких реагентів до металу – при товщині 200 мкм [19]. Корозійне руйнування резервуара тривало після сезонної роботи обприскувача під час зберігання. Обробка ураженої поверхні резервуара перетворювачем іржі ВА-01 ГІСІ і подальше нанесення мікровоскових складів типу ІВВС-706М підвищували корозійну стійкість сталі Ст. 15кп в 25...30 разів, а її характеристики в середньому на 10...15%. Завдяки цьому термін служби резервуара збільшився ще на 1 рік [20].

Завдання кардинального підвищення рівня протикорозійного захисту обприскувачів знаходить прийнятне рішення тільки при їх виготовленні шляхом нанесення фторіонового покриття або заміною сталевого резервуара на більш корозійностійкий зі склопластику [19].

Значна частина машин, які використовуються в сільському господарстві має великогабаритні зварні конструкції (зернозбиральні і кормозбиральні комбайни, розкидачі мінеральних добрив), що експлуатуються умовах впливу екологічно- і корозійнонебезпечних середовищ [18]. Відмова таких конструкцій

призводить до величезних економічних втрат, значних матеріальних і трудових витрат по відновленню працездатності машин. Аналіз їх відмов свідчить про переважне зародження руйнувань в зоні зварних з'єднань і вузлів.

Опір R конструкцій руйнування і схильність до руйнувань (зворотна величина) визначаються трьома основними факторами, що змінюються з часом t : властивостями матеріалу M , напружено-деформованим станом H і впливом середовища C [17]. Залежно від конкретних умов в системі M - H - C можливі різні види руйнувань конструкцій – від механічного з високою швидкістю розвитку тріщини до руйнування з відносно малими швидкостями у вигляді суцільної корозії.

Техніко-економічний аналіз корозійних руйнувань зварних конструкцій зернозбиральних комбайнів показав, що характерними дефектами зварних з'єднань є корозійно-втомні тріщини. Найбільш часто вони спостерігаються в елементах похилої камери, жатки, акумуляторного відсіку і вивантажувального шнека [14]. Перші корозійні руйнування в цих елементах виникають вже на 2...3-й рік експлуатації, а на 6...7-й рік вони поширюються на всю довжину шва.

Обстеження зварних з'єднань зернозбиральних комбайнів дозволило виявити два характерних періоду їх корозійного зносу: перший – тривалість 1,5...2,5 року експлуатації комбайна, коли корозійний знос практично відсутній; другий – після 2,5...3 років експлуатації, коли спостерігається інтенсивний корозійний знос зварного з'єднання, що досягає на 5...6-й рік експлуатації 0,3...0,8 мм, або 40...60% товщини металу.

Така поведінка зварних з'єднань обумовлено відмінностями в структурі, хімічному складі, напруженому стані шва і основного металу. Високий ступінь електрохімічної неоднорідності поверхні зварного з'єднання в умовах дії атмосферних опадів і високої відносної вологості є головною причиною збільшення швидкості корозії зварних швів в порівнянні з основним металом. Корозійні втрати зварного з'єднання зі сталі 08сп становлять 340 г/м^2 на рік, а основного металу – 220 г/м^2 , тобто перевищують в 1,6 рази. Підвищення

швидкості корозії зварного з'єднання обумовлено наявністю в звареному шві підрізів, непроварів, заглиблень, кратерів і інших зовнішніх дефектів. При цьому спостерігається переважно рівномірна корозія зварного шва. Вивчення динаміки втрати міцності зварних з'єднань під дією атмосферної корозії протягом 12 міс. в умовах помірного клімату показало, що втомна міцність зварних з'єднань, виконаних ручним дуговим зварюванням, знизилася на 45...47%, газовим зварюванням – на 28...40%, точкового контактного – на 52%.

Захист зварних з'єднань консерваційними складами ІВВС і інгібі-С збільшила їх довговічність в 1,7 ... 2 рази. Цим підтверджено доцільність застосування консерваційних складів в якості основних засобів тимчасового протикорозійного захисту зварних з'єднань, що працюють в умовах атмосферної корозії.

У сільському господарстві багато машин в процесі роботи піддаються впливу соку рослин, в результаті якого починається прискорене руйнування лакофарбового покриття та корозія металу. Найбільш типовими в цьому відношенні є кормозбиральні комбайни, на деталі яких в період роботи потрапляє сік зелених стебел кукурудзи та інших силосних культур. Особливо сильну руйнівну дію на лакофарбове покриття і метал справляє сік кукурудзи. Як встановлено, в соку міститься до 0,35...0,39% вільних кислот (в основному яблучної). Показник рН соку дорівнює 5,1...5,2 . У чистому соку сталь 07кп кородує в 4 рази, а стали Ст. 3 і У9 в 8...9 разів швидше, ніж у воді. Подібна дія соку і на лакофарбове покриття. Так, поверхні, пофарбовані емаллю ПФ-133, руйнуються в соку в 5 разів швидше, ніж у воді.

У зв'язку з корозією погіршуються механічні характеристики металу, особливо тонколистової сталі, з якої виготовлена обшивка комбайнів. Після чотирьох років експлуатації міцність кришок барабана кормозбирального комбайна знижується на 12%, а в місцях кріплення кришок до куточків рами, де процес корозії протікає інтенсивно – на 22% [7].

Висновки по розділу 1.

За термін служби сільськогосподарських машин підприємства змушені витратити на відновлення працездатності інтенсивно кородуємих машин суму, що перевищує в 2...3 рази їх балансову вартість. Все це вказує на надзвичайну важливість робіт щодо запобігання корозії і поліпшенню умов зберігання сільськогосподарської техніки.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ РЕСУРСНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБЕРІГАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Удосконалення технологічних процесів консервації сільськогосподарських машин направлено, перш за все на збереження їх показників безвідмовності, довговічності і ремонтпридатності в міжсезонний період [11]. Збереженість означає здатність машини протистояти негативним діям умов, в яких вона зберігається. Для того, щоб надійність після закінчення зберігання більшою мірою відповідала вихідній, необхідно передбачати якісну консервацію складних частин машини від корозії і старіння.

На розробку і реалізацію заходів щодо якісного захисту сільськогосподарської техніки потрібні фінансові кошти, затрати праці, матеріали, технічні та енергетичні ресурси, що витрачаються при проектуванні, виготовленні та в процесі її експлуатації. В результаті збереженість, як властивість надійності техніки, виявляється пов'язаною регулярним взаємодією з сукупністю ресурсів різної матеріальної природи. Системний аналіз цих зв'язків дозволив розробити структурну модель ресурсного формування зберігання сільськогосподарських машин (рис. 2.1). Розроблену модель в загальному вигляді можна охарактеризувати як складну систему, що складається з підсистеми кліматичних і техногенних впливів, підсистеми ресурсного потенціалу зберігання і підсистеми ресурсного забезпечення технологій консервації.

Параметри, що описують стан системи, постійно змінюються протягом всього терміну зберігання машини, яка при цьому відбувається старіння, а показники надійності знижуються.

Кліматичні і техногенні впливи, які включають сонячну радіацію, тепло, опади, конденсовану вологу, кисень атмосфери, агресивні домішки і забруднення, активують процеси корозії, старіння і деформації складових

частин. У різних кліматичних зонах країни різна корозійна агресивність атмосфери, тому витрати ресурсів на забезпечення зберігання машин повинні бути диференційовані з урахуванням зональних особливостей їх зберігання.

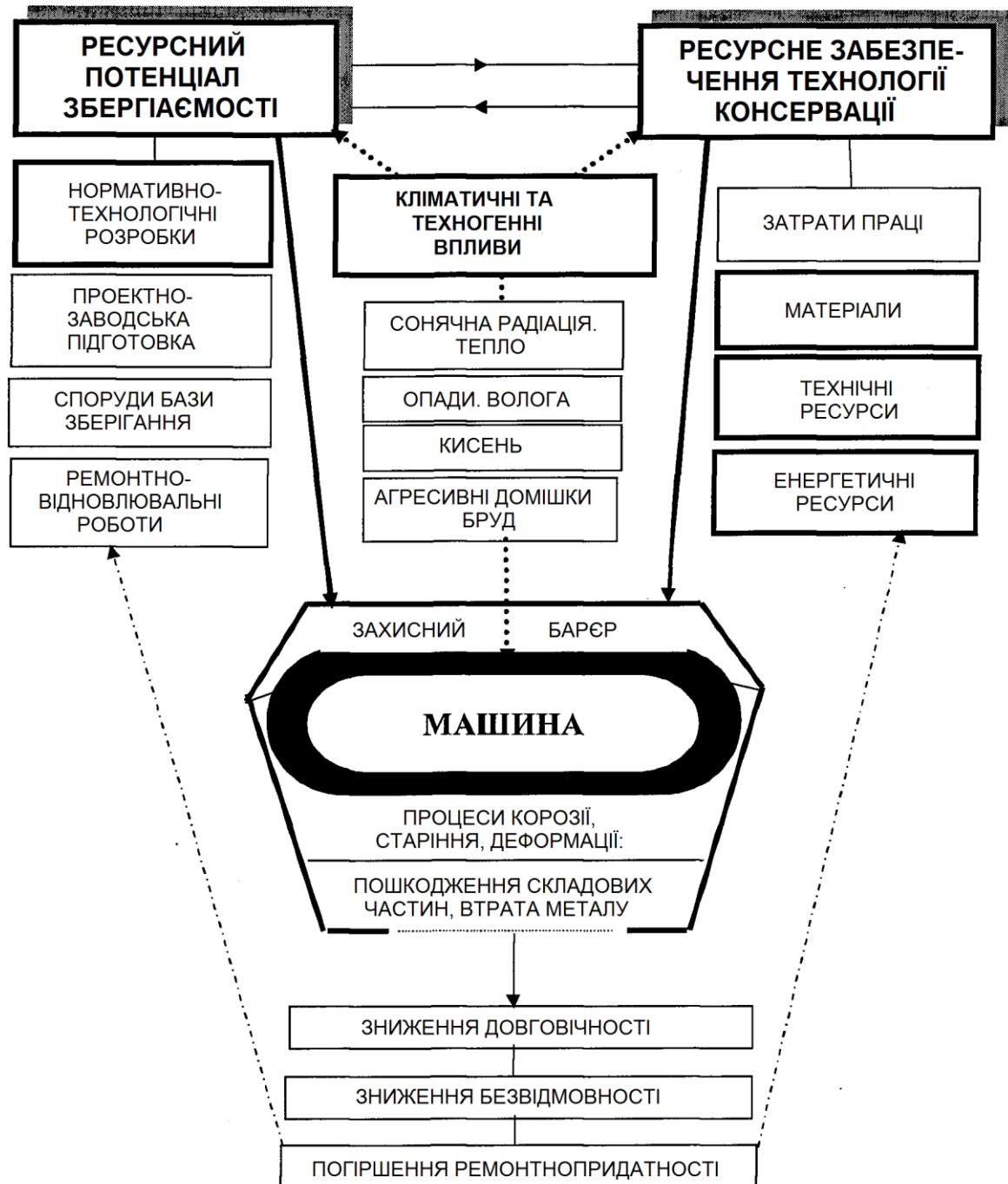


Рис. 2.1 – Розроблена структурна модель ресурсного формування зберігання сільськогосподарських машин.

Підсистеми ресурсного потенціалу зберігання і ресурсного забезпечення технологій консервації служать для формування "захисного бар'єру" у машини

на шляху обурюючих кліматичних і техногенних впливів. Під "захисним бар'єром" мається на увазі об'єктивний результат гальмування руйнівних процесів корозії, старіння і деформації машини.

Підсистема ресурсного потенціалу зберігання опосередковано впливає на рівень "захисного бар'єру" машини і структурно включає нормативно-технологічні розробки, проектно-заводську підготовку, ремонтно-відновлювальні роботи і споруди бази зберігання.

Нормативно-технологічні розробки є результатом науково-дослідницької діяльності. До них відносяться державні та галузеві стандарти, керівні та нормативні документи, наукові методики і рекомендації, номенклатура захисних і конструкційних матеріалів, технологічні і конструкторські розробки для ефективного захисту елементів машин при виготовленні і експлуатації.

Проектно-заводська підготовка здійснюється при розробці, виготовленні та випробуваннях машин з урахуванням їх функціональних особливостей.

Технічні рішення і матеріали, внесені в конструкцію машин, визначають їх пристосованість до зберігання і рівень зберігання при експлуатації. Проектно-заводська підготовка відноситься до самостійної системи проектування і виробництва сільськогосподарської техніки, аналіз якої не входить в завдання цього дослідження.

Ремонтно-відновлювальні роботи, що проводяться шляхом заміни або посилення міцності зношених складових частин, відновлення їх протикорозійних покриттів, сприяють підтримці працездатності і ресурсного потенціалу зберігання машин в процесі експлуатації.

Споруди бази зберігання створюють умови для захисту елементів машин від ряду кліматичних факторів (опадів, сонячної радіації), чим послаблюють їх негативний вплив. Завдяки цьому спрощується процес консервації і знижуються витрати ресурсів на його здійснення.

Для підсистеми ресурсного потенціалу зберігання характерно те, що вкладені в неї ресурси забезпечують певну ефективність "захисного бар'єру" в багато періоди зберігання машин на протязі тривалого терміну експлуатації.

Підсистема ресурсного забезпечення технологій консервації призначена для періодичного відтворення "захисного бар'єру" безпосередньо на машинах при їх постановці на зберігання. Тому вона потребує регулярного поповнення та оновлення своїх запасів під час експлуатації машин. За функціональними ознаками ресурси цієї підсистеми розділені на 4 основні групи, що включають затрати праці, матеріали, технічні та енергетичні ресурси.

Праця кваліфікованих робітників використовується при виконанні механізованих робіт по консервації, а непрофесійних – при проведенні допоміжних робіт або консервації вручну.

До групи матеріалів входять консерваційні матеріали, готові до використання, а також розчинники і вихідні компоненти для приготування консерваційних композицій і складів.

Технічні ресурси включають технологічне оснащення і технічні засоби для механізації операцій по консервації. До технологічної оснастки відносяться вироби для герметизації, розвантаження несучих конструкцій, розміщення знятих складових частин, а також ручний інструмент та інвентар. До технічних засобів механізації відносять технологічне обладнання для виконання операцій з консервації та його енергетичний привід (наприклад, компресор) для перетворення енергії (механічної або електричної) в вид, відповідний для роботи обладнання.

Енергетичні ресурси включають електрокомунікації, енергетичні засоби і енергоносії. Склад електрокомунікацій обмежений розподільними пристроями електромережі для підключення технічних засобів, з'єднувальними проводами і кабелем. При підготовці техніки до зберігання в якості енергетичних засобів можуть бути задіяні трактори, самохідні шасі, бензинові та дизельні електроагрегати.

При виконанні консерваційних робіт вручну частково використовуються ресурси з трьох груп: непрофесійні робітники, консерваційні матеріали і технологічне оснащення. Ресурси всіх чотирьох груп необхідно задіяти для того, щоб механізувати роботи по консервації машин за допомогою технічних засобів. Технологічне оснащення, технічні та енергетичні засоби, електрокомунікації є ресурсами багаторазового застосування, а жива праця робітників, захисні матеріали та енергоносії витрачаються при обробці кожної машини.

Як видно з рис. 2.1. модель ресурсного формування зберігання сільськогосподарських машин має прямі і зворотні канали зв'язку. Всі три підсистеми цієї моделі регулярно взаємодіють між собою в зоні "захисного бар'єру" машини. При цьому обидві ресурсні підсистеми забезпечують захист машини, а кліматичні і техногенні впливи – руйнують її і викликають процеси корозії, старіння і деформації.

Якщо за період зберігання відбувається руйнування "захисного бар'єру" і зниження показників надійності машини, то її користувач оцінює вагомість завданих збитків і вживає необхідних заходів щодо коригування ресурсних підсистем, виходячи з наявних можливостей. Величина ресурсного потенціалу зберігання істотно впливає на ресурсне забезпечення технологій консервації: чим більше витрачено коштів на формування ресурсного потенціалу, тим менше їх буде потрібно на консервацію і навпаки. Слід зазначити, що кліматичні чинники роблять визначальний вплив на вибір складу і обсяг ресурсів, що витрачаються на здійснення технологічного процесу консервації. Сезонні умови постановки на зберігання в атмосфері зниженої температури і підвищеної вологості доводиться враховувати при виборі енергетичних ресурсів та при розробці технічних засобів і режимів консервації машин.

Висновки по розділу 2

В обсязі ресурсів, що витрачаються при консервації машин, вартість захисних матеріалів і розчинників є визначальною. Тому цілком обґрунтований пошук шляхів зниження витрат коштів на консервацію за рахунок залучення вторинних ресурсів у вигляді побічних продуктів або залишків нафтохімії, а також відпрацьованих нафтопродуктів сільгоспвиробників. Такого виду вторинні ресурси за своїми якісними ознаками не є готовою формою захисного матеріалу. Вони потребують певних фізико-хімічних впливів з метою поліпшення протикорозійних і технологічних властивостей одержуваних при цьому нових захисних матеріалів. Подібний шлях ресурсного забезпечення технологій консервації представляється раціональним в умовах зниження промислового виробництва захисних матеріалів і диспропорції в цінах на продукцію сільського господарства і промисловості.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХИСНОГО ЕФЕКТУ БІТУМНИХ МАСТИК В УМОВАХ РЕАЛЬНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНІКИ

У сільському господарстві бітумні мастики знайшли певне застосування. Є рекомендації по їх використанню в якості покриттів для захисту внутрішніх стін і днища бетонних ємностей від агресивної дії соку, що виділяється при зберіганні сінажу. Можливе застосування бітумних мастик для захисту огорож і труб водопровідної мережі при ремонті тваринницьких приміщень, для протикорозійної обробки металоконструкцій в складах мінеральних добрив.

Захисні мастики готують шляхом поєднання органічного в'язкої речовини, в якості якої найчастіше використовується бітум, з модифікованими добавками, що визначають властивості одержуваної композиції.

Розробка рецептур нових бітумних мастик проводилася нами з урахуванням доступності придбання вихідних компонентів, можливості отримання мастик в невеликих обсягах на нескладному обладнанні, пожежної і токсичної безпеки технологічних процесів їх приготування і нанесення.

В якості вихідних компонентів обрані продукти, що поставляються в сільське господарство і наявні на підприємствах: бітум; бітумно-каучукова суміш (аеродромна мастика); бітумно-атактична суміш, що застосовується для захисту від корозії труб газопроводів; сланцева мастика, яка використовується для ущільнення скла в теплицях; залишок синтетичних жирних кислот (присадка КО-СЖК) і уайт-спірит.

Уайт-спірит це висококиплячі фракції бензину. Температура початку кипіння – 160 °С, щільність – 790 кг/м³. В нагрітому до 90...110 °С в уайт-спіриті плавляться і розчиняються тверді компоненти. З них в лабораторії кафедри машиновикористання та сервісу технологічних систем готували склади мастик (табл. 3.1).

Таблиця 3.5 – Склади бітумних мастик, приготованих лабораторії кафедри машиновикористання та сервісу технологічних систем

Позначення мастики	Вихідні данні	Вміст компонентів, % маса
M ₁	Бітумно-каучукова суміш	26...30
	Бітум	10...12
	Сланцева мастика	10...12
	Присадка КО-СЖК	5...7
	Уайт-спірит	45...50
M ₂	Бітумно-атактична суміш	20...23
	Бітум	12...15
	Сланцева мастика	12...15
	Присадка КО-СЖК	5...7
	Уайт-спірит	45...50

Мастики обох модифікацій наносили пензлем в 2 шари з інтервалом 2 год. на пластини зі сталі Ст. 3 в нагрітому до 30. ..40 ° С стані. На пластинках формувалося еластичне покриття чорного кольору з гарною адгезією до металу. Дослідження захисної ефективності мастик проводили в лабораторіях і виробничих умовах. У табл. 3.2 наведені порівняльні дані по захисній здатності в 0,5 М розчині хлориду натрію мастик M₁, M₂ і мастик промислового виготовлення.

Таблиця 3.2 – Захисна здатність мастик в 0,5 М розчині NaCl

№ п/п	Найменування мастики	Тривалість випробовування, суток	Товщина покриття, мм	Захисна здатність, %
1	M_1	14	0,42	91
	M_2	14	0,33	92
2	Бітумно-епоксидна	14	0,13	87
3	Боді	14	1,07	98
4	Гравітекс	14	0,25	96
5	Тектіл-320	14	0,49	97
6	Тектіл-332	14	0,25	86

При цих дослідженнях швидкість корозії незахищених пластин зі сталі Ст. 3 склала 1,31 г/м² на добу. Як впливає з наведених результатів, захисна здатність мастик M_1 і M_2 перебувала на одному рівні з показниками мастик промислового виготовлення, в тому числі імпортих – Тектіл.

Захисну здатність мастик M_1 і M_2 досліджували в добривах:

- 1) амофос (N – 26 мас.%, P₂O₅ – 22 мас.%)
- 2) сечовина (N - 47 мас.%)
- 3) подвійний суперфосфат (P₂O₅ – 54 мас.%)
- 4) аміачна селітра (N – 35 мас.%)
- 5) азофоска (N – 12 мас.%, P₂O₅ – 37 мас.%, K – 8%)
- б) дорожня пісочно-сольова суміш.

У табл. 3.3 показані результати дослідження мастик в сухих добривах і в насичених водних розчинах. Тривалість випробувань – 70 діб. У сухих добривах і дорожньої пісочно-соляної суміші захисна здатність мастик M_1 і M_2 становить 100%. Обидві мастики можна використовувати для захисту сталевих

виробів при нетривалому впливі водних розчинів мінеральних добрив, за винятком амофосу.

Таблиця 3.3. – Захисна здатність мастик в сухих мінеральних добривах і в їх насичених водних розчинах

№ п/п	Найменування мастики	Товщина покриття, мм	Вид добрив	Захисна здатність, %	
				В сухому добриві	В насиченому розчині
1	M ₁	0,44	1	100	85
			2	100	100
			3	100	100
			4	100	100
			5	100	100
			6	100	100
2	M ₂	0,33	1	100	68
			2	100	100
			3	100	100
			4	100	99
			5	100	96
			6	100	84

Можливість застосування бітумних мастик для захисту від корозії тваринницького обладнання було встановлено дослідженнями, проведеними в тваринницьких приміщеннях Попільнянського району Житомирської області (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Швидкість корозії ($\text{г/м}^2 \cdot \text{доб.}$) сталі Ст. 3 в тваринницьких приміщеннях при захисті 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

Отримані результати вказують на стійкість бітумних мастик M₁ і M₂ в умовах агресивної атмосфери тваринницьких приміщень в протягом двох років. Тому покриття з бітумних мастик розроблених на кафедрі машиновикористання та сервісу технологічних систем можуть бути рекомендовані до застосування при реконструкції і будівництві тваринницьких приміщень для протикорозійного захисту металоконструкцій і комунікацій при відсутності доступу до них тварин.

Дослідження кузовів легкових і вантажопасажирських автомобілів, оброблених бітумними мастиками, також підтвердили їх високі захисні властивості.

Для визначення можливості використання мастик для захисту від корозії робочих органів ґрунтообробних машин були проведенні випробовування протягом 2019-2020 років в осінньо-зимовий період. Плуги ПЛН-3-35 зберігався на відкритому бетону майданчику. Результати досліджень представлені на рис.

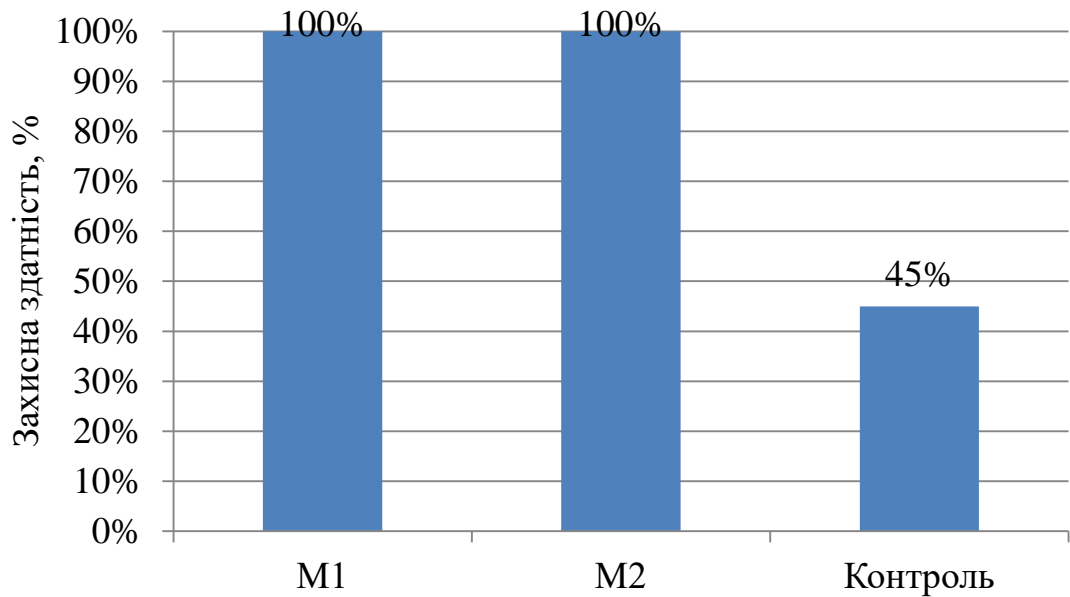


Рис. 3.1. Захисна здатність запропонованих мастик, на прикладі робочих органів плуга, термін зберігання 6 місяців.

З рис. 3.1 можна зробити висновок, що запропоновані мастики можна застосовувати для захисту від атмосферної корозії робочі органи сільськогосподарських машин.

Висновки по розділу 3.

Розроблені бітумні мастики, що включають бітумно-каучукову і атактичну суміш, бітум, сланцеву мастику, присадку КО-СЖК і уайт-спірит захищають сталь Ст. 3 на рівні 84 ... 100% в насиченому розчині мінеральних добрив. У тваринницьких приміщеннях стійкість до корозії не захищеної стали знаходиться в межах 0,06...1,44 г/м² на добу, а при захисті мастиками вона відсутня протягом 2-х років.

ВИСНОВКИ

Аналіз досліджень по зберіганню машинно-тракторного парку підтверджує, що корозійний вплив кліматичних факторів на складові частини машин знижує їх довговічність в 1,5...3 рази через недостатню ефективність захисного бар'єру при виготовленні і відсутності раціональних методів і засобів консервації при використанні.

Встановлено, що для ефективної консервації машин в сільгосп підприємствах необхідне створення децентралізованої системи виробництва і застосування консерваційних матеріалів з відходів нафтохімічної промисловості і відпрацьованих масел, вдосконалення технологій їх приготування і нанесення, що знижують вартість робіт до 50%. Вони потребують певних фізико-хімічних впливів з метою поліпшення протикорозійних і технологічних властивостей одержуваних при цьому нових захисних матеріалів. Подібний шлях ресурсного забезпечення технологій консервації представляється раціональним в умовах зниження промислового виробництва захисних матеріалів і диспропорції в цінах на продукцію сільського господарства і промисловості.

Розроблені бітумні мастики, що включають бітумно-каучукову і атактичну суміш, бітум, сланцеву мастику, присадку КО-СЖК і уайт-спірит захищають сталь Ст. 3 на рівні 84 ... 100% в насиченому розчині мінеральних добрив. У тваринницьких приміщеннях стійкість до корозії не захищеної сталі знаходиться в межах 0,06...1,44 г/м² на добу, а при захисті мастиками вона відсутня протягом 2-х років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Яковлев Б. П. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии. Москва : Колос, 1982. 127 с.
2. Бышов Н. В Перспективы организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в сельском хозяйстве. Рязань : ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. 95 с.
3. Игнатъев Р. А. Защита техники от коррозии, старения и биоповреждений: справочник. Москва : Россельхозиздат, 1987. 348
4. Севернев М. М. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин. Минск : Беларус. навука, 2011. 332 с
5. Северный А. Э., Пацкалев А. Ф., Новиков А. Л. Справочник по хранению сельскохозяйственной техники. Москва : Колос, 1984. 223 с.
6. Петрашев А. И. Технология консервации сельскохозяйственной техники отработанными маслами. *Наука в Центральной России*. 2013. № 1. С. 66- 71.
7. Петровский Д. И., Петровская Е. А., Пыдрин А. В. Перспективные материалы для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии. *Агрус*. 2016. С. 351–356.
8. Дворук В. І., Борак К. В. Добранський С. С., Герасимчук Д. В. Вплив попередньої корозії на інтенсивність зношування сталі. *Вісник Причорномор'я*. 2019. №4 С. 106-113.
9. Князева Л.Г. Ингибирование коррозии отработавшими моторными маслами. *Коррозия: материалы, защита*. 2010. № 10. С. 25 - 30.
10. Попович П. Вплив експлуатаційних середовищ на поширення поверхневих корозійно-втомних тріщин в елементах конструкцій сільськогосподарських машин. *ТНТУ. Машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки*. 2014. Т. 75, № 3. С. 157–166.

11. Гайдар С. М. Получение лакокрасочных материалов с высокими водо и маслоотталкивающими свойствами. Лакокрасочные материалы и их применение. 2007. № 5. С. 11-13.
12. Гайдар С. М. Ингибированные составы для хранения сельскохозяйственной техники. Техника в сельском хозяйстве. 2011. №3.С. 21-22.
13. Шемякин А. В . Совершенствование организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств: дисс.... д-ра техн. наук : Мичуринск, 2014. 324 с.
14. Десятов Ю. В., Терентьев В. В., Латышёнок М. Б. К вопросу защиты от коррозии сельскохозяйственной техники при хранении. *Сб. науч. тр. 50-летию РГСХА посвящается.* Рязань, 1998. С. 184-185.
15. 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.
16. Романченко Н. М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии : учеб. пособие. Красноярск, 2016. 188 с.
17. 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.
18. Романченко Н. М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии: учеб.-метод. комплекс. Красноярск : Изд-во КрасГАУ, 2014. 179 с.
19. Петрашев А. И. Смачивающие и защитные свойства консервационных материалов. *Практика противокоррозионной защиты.* 2003. № 1. С.26.