

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра технологій та засобів механізації аграрного виробництва**

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»  
на тему: «Підвищення ефективності технічного сервісу  
сільськогосподарських машин»

Виконав: здобувач вищої освіти за  
освітньо-професійною програмою  
Технології і засоби механізації  
сільськогосподарського виробництва  
спеціальності 208 Агроінженерія  
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 2  
Дрімайло Владислав Вікторович  
Керівник: Власовець В. М.  
Рецензент: Біловод О. І.

**Полтава – 2021 року**

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Експлуатація гранично зношеної техніки веде до значних перевитрат паливно-мастильних матеріалів, проведення багаторазових ремонтно-відновлювальних робіт. Тому витрати на підтримку техніки в працездатному стані високі і становлять 12-15% у собівартості продукції, тоді як в зарубіжній практиці вони не перевищують 4-6% [1].

В першу чергу, це відноситься до розкидачів мінеральних добрив, які сприймають широкий спектр корозійно-механічних впливів. У плані зниження витрат на ремонт важливе значення набуває аспект підвищення рівня протикорозійного захисту тукорозкидальних машин при їх консервації, як один з резервів забезпечення довговічності. Проте, традиційно застосовувані при консервації бензино-бітумні склади мають низьку стійкість до впливу корозійно-активних компонентів добрив і кліматичних факторів.

Введення в бітумні склади інгібіторів корозії і атмосферостійких добавок підвищує їх захисні властивості, але істотно ускладнює і здорожчує технологію виробництва, роблячи її недоступною для сільгосппідприємств. Відсутні науково-обґрунтовані розробки мобільних технічних засобів, необхідних для нанесення в'язких захисних складів в умовах відкритого зберігання машин. Через низький рівень механізації технологічних процесів консервації, висока частка ручної праці при незадовільній якості нанесених покриттів.

Ситуація з одного боку – є потреба в механізації процесів консервації машин для підвищення їх зберігання і довговічності; з іншого боку – відсутні мобільні технічні засоби для виробництва стисненого повітря і теплової енергії, необхідних в процесі нанесення захисних складів із низькою температурою.

Тому актуальні дослідження з розробки рецептури ефективного захисного складу і технічного засобу для його нагрівання і нанесення,

використання яких в процесі консервації тукорозкидальних машин підвищить рівень їх протикорозійного захисту.

Також не вирішена проблема забезпечення тукорозкидальних машин ефективною технологією консервації, заснованої на застосуванні доступних консерваційних складів з хорошими змочуючими і захисними властивостями, а також мобільного технічного засобу для їх нанесення в умовах знижених температур.

**Мета дослідження.** Підвищення ефективності технології консервації тукорозкидальних машин.

**Об'єкт дослідження.** Технологічні процеси, що визначають протикорозійний захист, режими нагрівання та нанесення інгібованого мазутного складу при консервації тукорозкидальних машин.

**Предмет дослідження.** Закономірності зміни протикорозійних і технологічних властивостей інгібованого мазутного складу, параметрів нагріву складу.

**Теоретична та практична значущість.** Теоретичні дослідження дозволили встановити взаємозв'язок конструктивних і технологічних показників процесів нагріву в'язкого консерваційного складу в цокольному відсіку напірного резервуара і в обігрівуючому шлангу з використанням електроенергії низьковольтного генератора. Обґрунтовано залежності для визначення крайового кута змочування і тиску стисненого повітря в напірному резервуарі, що забезпечує надходження захисного складу на розпорошення з регламентованою витратою.

## РОЗДІЛ 1

### СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 1.1. Техніка для внесення мінеральних добрив

У комплексі заходів щодо впровадження інтенсивних агротехнологій велике значення має підвищення родючості ґрунтів за рахунок внесення добрив і хімічних меліорантів за допомогою спеціальної сільськогосподарської техніки [2]. У сучасних реаліях вирощування практично будь-яких культур неможливо уявити без застосування мінеральних добрив (туків). Залежно від рівня хімізації землеробства частка елементів живлення добрив в урожаї країн Західної Європи становить 60-75%, в США – 50%, в Україні – близько 10%. Частка добрив в процесі обробітку тієї чи іншої культури постійно збільшується [3]. У той же час, в силу різних причин, ефективність застосування добрив досить низька. Так, окупність 1 кг NPK в господарствах становить 4-6 кг зерном, тоді як оптимальним вважається співвідношення 10-12 кг зерна на 1 кг NPK.

Аналіз виробничого процесу хімізації агропромислового комплексу виявив існування трьох етапів: на першому – використовують комплекс машин і устаткування для підготовки і приготування добрив; на другому – для їх транспортування, обробки та зберігання; на третьому – проводять внесення добрив перед посівом, під час посіву і під час вегетації рослин. Залежно від характеру розміщення добрив у ґрунті: поверхнево і підґрунтово [4].

Розрізняють машини для внесення добрив: причіпні, самохідні, навісні тукорозкидачі; машини для підґрунтового внесення. Залежно від використовуваного типу добрив: розкидачі рідких, твердих мінеральних і органічних добрив [5,6].

Загалом технологічний процес внесення добрив полягає в наступному. Завантажені в кузов (бункер) машини добрива переміщуються живильником і через дозуючий пристрій по туконаправлячу надходять на пристрої, що розподіляють їх по ширині захвату. Розрізняють дискові, роторні, пневматичні або штангові типи розкидальних пристроїв. За способом управління заслінками розкидачі бувають електронними, механічними і гідравлічними. Зароблення всередину ґрунту після внесення здійснюється культиваторами, боронами і плугами.

Широку номенклатуру машин для внесення твердих мінеральних добрив постачають фірми Німеччини, Польщі, Туреччини.

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

Зернотукові комбіновані сівалки СЗК-3,6 здійснюють локальне внесення добрив при посіві зернових і зернобобових культур та їх сумішей. Зернотукові сівалки СЗ-3,6, СЗУ-3,6, агрегати посівні АУП-18.05 дозволяють проводити порядковий посів зернових і зернобобових культур з одночасним внесенням гранульованих добрив. Машини вносять насіння і добрива таким чином, щоб вони не стикалися в ґрунті. Картоплесадильна техніка СКС-4, СКМ-3, СКМ-6, СН-4Б вносять добрива одночасно з посадковим матеріалом, для чого обладнані апаратами АТ-2А і АТД-2.

Культиватори – рослиноживильники КРН-4,2, КРН-5,6, КРН-8,4, КОР-4,2, культиватор-підгортальник КОН-2,8ПМ і культиватор-гребенеутворювач КМФ-2,8 з туковисівними апаратами використовуються для міжрядної підгодівлі просапних культур твердими і рідкими мінеральними добривами [7].

Якщо проаналізувати конструктивне виконання машин для внесення добрив, то можна помітити, що всі вони включають: ємність (бункер і т.п.) для добрив; пристрій живлення для прийому добрив з ємності (живильник, дозатор); розкидальний робочий орган, який приймає добрива від живильного пристрою і розсіюювальні апарати, що виконують функції розкидання добрив по поверхні ґрунту або направляючи його в ґрунт.

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

## **1.2. Вплив добрив на корозію металу**

При експлуатації і зберіганні в неробочий період тукорозкидальних машин відбувається руйнування робочих поверхонь металу під дією атмосферної корозії. Сільськогосподарські підприємства, як правило, використовують комбінований спосіб зберігання техніки в неробочий період. Дорогу самохідну техніку, при можливості, зберігають в ангарах. Навісні та причіпні сільськогосподарські агрегати часто залишають на відкритих майданчиках (рисунок 1.1). Не рідкісні випадки, коли техніка на таких майданчиках зберігається, частково вкрита слідами мінеральних добрив, що стимулює корозійний процес.



Рисунок 1.1 – Зберігання посівного агрегату на відкритому майданчику

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 шкоди від корозії, щорічно витрачається до 30% загальних витрат, що витрачаються на відновлення працездатності машин і агрегатів [9, 10, 11].

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

Величезний економічний і екологічний збиток, що наноситься атмосферною корозією, робить її об'єктом постійних наукових досліджень [11, 12].

Атмосферна корозія – електрохімічний процес, який відбувається в результаті розчинення металу в електролітах і окислення киснем. Електролітом служить атмосферна волога, в плівці якої є розчинені гази, солі, кислоти лугу, компоненти мінеральних добрив. При попаданні

атмосферної вологи на поверхні робочих органів машин починається руйнування металевої структури. Головна умова протікання корозійного процесу – контакт металу з водою і киснем. 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 критична відносна вологість становить 70% [12].

Розрізняють три види атмосферної корозії: суха, волога і мокра. Якщо відносна вологість повітря становить  $\leq 60\%$ , протікає суха атмосферна корозія. Механізм корозійного руйнування – хімічний. На поверхні утворюються захисні оксидні плівки, які гальмують процес корозії. Спочатку процес протікає швидко, утворюється тонка оксидна плівка, потім сповільнюється і встановлюється постійна маленька швидкість корозії. Однак, в разі присутності в повітрі домішок газів, швидкість корозії може різко зрости, що нерідко призводить до помутніння поверхні металу і значної втрати ними відбивних і декоративних властивостей.

Волога атмосферна корозія спостерігається при наявності на поверхні найтоншої плівки вологи при відносній вологості повітря  $\sim 60-70\%$ . Швидкість процесу сильно залежить від відносної вологості, забруднення атмосфери, слідів мінеральних добрив на поверхні металу, гігроскопічність продуктів корозії. На поверхні металу в цей час утворюється дуже тонкий, невидимий неозброєним оком шар води або розчину електроліту.

Мокра атмосферна корозія розвивається при впливі на поверхню опадів і конденсату води. 100% вологість повітря сприяє осіданню водних крапель, товщина водного шару складає понад 1 мм [13]. У цих умовах водяна пара конденсується на поверхні металу і утворює шар води.

Таким чином, на швидкість атмосферної корозії впливають властивості, що мають продукти корозії, зовнішні кліматичні чинники, різке коливання температури, агресивні домішки повітря, компоненти мінеральних добрив.

Наявність води в повітрі ще не призводить до значної корозії сталі. Часто навіть при 99%-ній відносній вологості повітря корозія може бути незначною і практично постійною (рисунок 1.2) [13].

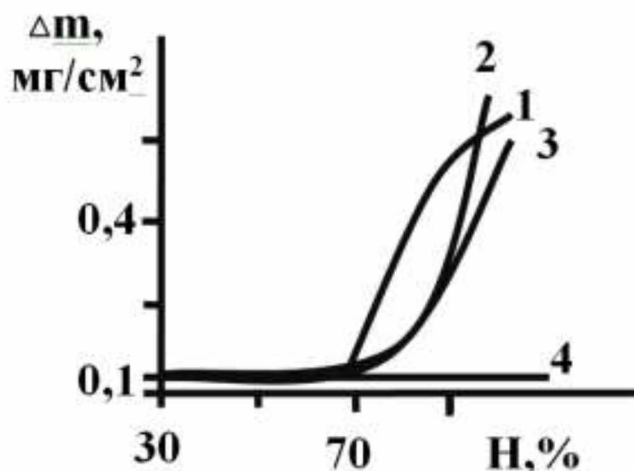


Рисунок 1.2 – Залежність корозії заліза (втрати маси  $\Delta m$ ) від відносної вологості повітря ( $H$ ) по (Гудсону), що містить: 1 - 0,01% SO<sub>2</sub>; 2 - 0,01% SO<sub>2</sub> і тверді частинки; 3 - тверді частинки; 4 – чистого

Відомо, що під дією атмосферної корозії змінюється втомна міцність металу. Це пов'язано з тим, що в наявні в ґрунті волога і водорозчинні солі, в поєднанні з киснем повітря стимулюють протікання атмосферної корозії на металевих поверхнях, повернутих до ґрунту.

Зі збільшенням вологості мінеральних добрив підвищується корозійна агресивність через зростання ступеня їх дисоціації і швидкості електрохімічної корозії металу [14]. Швидкість корозії металевих поверхонь може зменшитися при надмірному підвищенні вологості через зменшення припливу кисню повітря до поверхні металу.

Тип мінеральних добрив впливає на характер корозійних пошкоджень. У суперфосфаті, сечовині та аміачній селітрі корозія протікає більш рівномірно; в нітрофосці утворюються глибокі пітинги, що призводять до руйнування деталей при незначних корозійних втратах маси. Сталь 65Г у вологих добривах – аміачна селітра, нітрофоска і сечовина має меншу корозійну стійкість, ніж сталь Ст3 [15].

Через корозійне руйнування якісно змінюється поверхня деталей машин, з'являються тріщини і розриви металу в тонколистових металоконструкціях і зварних з'єднаннях [15] знижуються зносостійкість і міцність деталей, працездатність і ресурс машин, збільшуються витрати на ремонт і усунення відмов. При експонуванні в нітрофоски більша схильність до корозійних руйнувань, в порівнянні з основним металом, має зварений шов, особливо в зоні термічного впливу на відстані 6-8 мм від осі шва (в зоні відпуску металу).

Під дією атмосферної корозії протягом 12-ти місяців в умовах помірного клімату втомна міцність зварних з'єднань, виконаних ручним дуговим зварюванням, знизилася на 45-47%, газовим зварюванням – на 28-40%, точковим контактним – на 52% [16].

### **1.3. Аналіз умов зберігання сільськогосподарської техніки**

Однією з актуальних проблем є зношеність парку сільгоспмашин. Знос техніки досягає 80%. Більше 50% машинно-тракторного парку становить техніка 1981-1990 років випуску, ще близько 30% – техніка 1991-2000 років випуску. Отже, основна частина сільгосптехніки виробила свій нормативний термін служби.

За останні 3 роки у сільгоспвиробників зменшилася кількість сівалок і збільшився парк розкидачів мінеральних добрив.

Високий рівень протикорозійного захисту вузлів тукорозкидальних машин в процесі ремонту може бути досягнутий тільки в сервісних підприємствах шляхом нанесення покриттів з порошків корозійностійких металів за технологією плазмової металізації.

Ефективність використання, тривалість терміну служби сільськогосподарської техніки, витрати на її обслуговування і ремонт у великій мірі залежать від її збереження в період невикористання.

Під збереженням техніки мають на увазі цілий комплекс організаційних, економічних і технічних заходів, що дозволяють практично виключити шкідливий руйнуючий вплив в період невикористання. Організаційні заходи включають в себе: технічну оснащеність місць зберігання; організацію і оплату праці персоналу; ведення обліку та відповідальність за збереження машин; створення умов безпеки і протипожежного захисту. До технічних заходів належать: очищення і миття машини; зняття складальних одиниць, які підлягають зберіганню на складі; установка машини на підставки у відведеному місці зберігання; консервація робочих поверхонь шляхом нанесення захисних складів; герметизація отворів і порожнин машини; обслуговування машини в період невикористання і зняття її з зберігання.

Консервація і антикорозійний захист сільськогосподарської техніки безпосередньо пов'язані зі збереженням і продовженням терміну служби машин, їх вузлів і деталей. Основними причинами цих проблем в Україні є:

- 1) недостатня увага до захисту від корозії на всіх стадіях від проектування, виготовлення і експлуатації техніки до навчання фахівців заходам по зберіганню і протикорозійного захисту;
- 2) зношеність сільськогосподарської техніки, в тому числі і імпоротної, недостатній рівень протикорозійного захисту при її ремонті;
- 3) забруднення атмосфери промисловими викидами, різко збільшують корозійну агресивність навколишнього середовища.
- 4) відсутність обладнання, адаптованого до умов консервації машин на відкритих майданчиках при знижених температурах повітря;
- 5) відсутність коштів на закупівлю захисних матеріалів і обладнання;
- 6) недостатнє усвідомлення фахівцями сільгоспідприємств техніко-економічної та соціальної значущості цих заходів.

Проблему збереження сільськогосподарської техніки загострює той факт, що більшість сільськогосподарських машин не проходить повного технічного обслуговування перед постановкою на зберігання. Багато

сільгоспприємств і селянських господарств не мають обладнаних місць зберігання. З огляду на вартість машин, що ввозяться з-за кордону, збиток при неправильному зберіганні може бути значним.

Аналіз положення зі зберіганням сільськогосподарської техніки показав, що велика частина аграрних підприємств регіону не має спеціальних майданчиків з твердим покриттям для зберігання машин. Недостатньо складських приміщень для зберігання знятих з машин агрегатів і вузлів. В результаті до 83% металофонду усієї сільгосптехніки зберігається на ґрунтових майданчиках, найчастіше необладнаних, де металеві частини машин піддаються максимальному руйнуванню.

Істотним недоліком є авральне проведення заходів з консервації всієї техніки в пізній осінній період із низькою температурою. Через це велика частина техніки (тукорозкидачі, культиватори, сівалки, косарки, прес-підбирачі та ін.) тривалий час зберігається без консервації, піддаючись значним корозійним руйнуванням.

Тому питання оцінки захисних і технологічних властивостей консерваційних матеріалів, а також параметрів технічних засобів для нанесення вимагають детального аналізу.

#### **1.4 Матеріали для консервації тукорозкидачів**

Під терміном «консервація» розуміється «здійснення тимчасового протикорозійного захисту металів і виробів за встановленою технологією». До засобів тимчасового протикорозійного захисту відносяться «речовина, матеріал або пристрій, що забезпечує тимчасовий протикорозійний захист». Тимчасовий протикорозійний захист – це «захист від корозії металів і виробів на час їх виготовлення, зберігання і транспортування засобами, що видаляються перед використанням металів і виробів або які не потребують видалення, якщо вони не перешкоджають їхньому використанню».

Консервація включає підготовку поверхні, застосування (нанесення) засобів тимчасового протикорозійного захисту і пакування.

Залежно від застосовуваного технологічного процесу та вимог, що пред'являються до виробу, допускається виключення однієї або двох зазначених стадій або поєднувати їх [17].

Вироби в залежності від конструктивних ознак, що визначають вибір засобів тимчасового протикорозійного захисту, підрозділяють на групи. У таблиці 1.1 представлені групи, характерні для сільськогосподарської техніки.

Таблиця 1.1 – Групування виробів за ознаками

Група	Характеристика виробу	Назва виробу
I – 3	Вироби з легкодоступними внутрішніми поверхнями (порожнини, заглиблення)	Баки, резервуари, крила автомобілів, шасі, рами та ін.
II – 1	Вироби складної форми, з рухомими частинами, що мають зовнішні та внутрішні поверхні	Двигуни внутрішнього згоряння, верстати, компресори, турбіни, гальмівні системи, гідрошланги, швейні машини, сільськогосподарські машини та ін.
II – 2	Вироби, у яких поверхні, що піддаються консервації, при експлуатації працюють в контакт з маслом або іншими технологічними рідинами	Карданні вали, редуктори, масляні фільтри, карбюратори, насоси, маслоохолоджувачі та ні.

Варіанти тимчасового протикорозійного захисту обраних груп виробів в залежності від засобів тимчасового захисту наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Варіанти тимчасового протикорозійного захисту

Варіант захисту	Характеристика варіанту захисту	Засоби захисту	Застосування
ВЗ – 6	Захист восковими складами виробів з чорних та кольорових металів	Склад водно-восковий захисний <b>Герон</b>	Для захисту поверхонь виробів з чорних та кольорових металів; викликає корозію срібла та ковару. Для додаткового захисту лакофарбових покриттів; для оброки гуми
ВЗ – 8	Захист змиваючими інгібованими покриттями виробів з чорних та кольорових металів	<b>МОПЛ – 2</b>	Для захисту важкодоступних поверхонь автомобілів та с/г машин, виробів групи I-1, II-1, II-4.
		<b>МОПЛ – 3</b>	Для захисту днища автомобіля, с/г машин та виробів групи I-3, V.
		<b>Оремін</b>	Для захисту важкодоступних поверхонь корпусів автомобілів, будівельних конструкцій, виробів групи I-1, I-3.
		<b>Кабінор</b>	Для захисту будівельних конструкцій, важкодоступних поверхонь корпусів автомобілів, естакад, мостів та виробів груп II-1, IV-4, V.
		<b>Інгібіт – С</b>	Для захисту робочих органів с/г машин, металоконструкцій різних видів та виробів груп I-3, II-1, V.
		<b>Мольвін-МЛ</b>	Для захисту важкодоступних поверхонь корпусів автомобілів та виробів груп I-1, I-3.

Водно-восковий склад Герон розроблений і виробляється для консервації бронетанкової техніки. Він нетоксичний, не горючий, являє собою дисперсію церезину у воді з додаванням поверхнево-активних речовин та інгібіторів корозії металів. Склад технологічний при нанесенні, утворює прозоре покриття з високою адгезією до поверхні, що захищається [18]. Склад Герон можна наносити на вологі поверхні аграрної техніки і на поверхні зі слідами забруднень, в тому числі мінеральними добривами.

При незначній забрудненості допускається обдування поверхні, що захищається стисненим повітрям, очищення щіткою або протирання ганчір'ям. Перед нанесенням складу розбавляється водою – до 30%, при цьому захисні властивості покриття не знижуються. Спосіб нанесення покриття – фарбування пензлем або пневматичне розпилення – не впливає на його захисні властивості [19].

До захисних складів для консервації сільськогосподарської техніки на період тривалого зберігання пред'являються такі вимоги: надійний захист протягом року в умовах відкритого зберігання; технологічність для механізованого нанесення; відсутність подальшої розконсервації; безпека; доступність за вартістю; використання сировини з гарантованими обсягами поставок.

Всі консерваційні матеріали можна розділити на наступні:

- консерваційні захисні мастила;
- консерваційні масла;
- плівкоутворювальні нафтові склади;
- захисні водно-воскові склади;
- масло розчинні інгібітори корозії і присадки;
- кубові залишки і відходи нафтохімії;
- відпрацьовані мастила, відходи і відстої сільгоспвиробництва;
- консерваційні склади власного приготування;
- антикорозійні мастики для автомобіля;
- склади для прихованих порожнин автомобіля.

З перерахованих консерваційних матеріалів доступніші для застосування в сільгоспвиробництві три групи: кубові залишки і відходи нафтохімії; відпрацьовані мінеральні масла, відходи і відстої сільгоспвиробництва; консерваційні склади власного приготування.

Через те, що загущені мастила не висихають, на них можуть налипати частки мінеральних добрив, розчини яких проникають через нанесену плівку і руйнують метал. У господарствах консервують техніку традиційними бензино-бітумними складами, які за захисними властивостями гірше промислових автомастик, але в рази дешевше. Термін захисту бензино-бітумними складами – 6-8 міс.

Атмосферостійкість і протикорозійні властивості бітумного складу поліпшуються за рахунок введення в його рецептуру топкового мазуту М100 і присадки емульгін. В результаті нагрівання і змішування бітуму з уайт-спіритом (або дизельним паливом), мазутом М100 і присадкою емульгін отримують інгібований бітумний склад МЕБ-4 зі збільшеним терміном захисту – до 12 міс [19]. Не дивлячись на висихаємість нанесеного покриття, позитивну динаміку зростання протикорозійного захисту, поширення складу МЕБ-4 обмежує досить складна технологія його виробництва. При виробництві складу МЕБ-4 використовується спеціально розроблене обладнання: гідравлічний ніж з гідроприводом і обігріваний реактор-змішувач з рамною мішалкою [20]

Огляд інформації по консерваційні матеріалами показує, що практично не досліджені захисні склади на доступній і дешевій мазутній основі. Оскільки запровадження мазуту М100 до складу МЕБ-4 сприяє зростанню атмосферостійкості бітумного покриття, то слід очікувати, що захисні властивості складів на мазутній основі можуть бути порівняні із захисними властивостями інгібованих бітумних складів. При цьому низький темп висихання нанесеного мазутного покриття може бути знівельовано тривалістю періоду зберігання тукорозкидальних машин 7-9 міс.

Вибір захисних покриттів залежить від якості підготовки поверхні до консервації. Наявність забруднень у вигляді корозійних пошкоджень і залишків мінеральних добрив впливає на якість консервації. Поверхні тукорозкидальних машин, які знаходилися в експлуатації, практично неможливо очистити від частинок добрив і корозійних пошкоджень. Тому захисні покриття повинні гальмувати корозійні процеси під нанесеним покриттям. Для цього нанесені склади повинні мати гарну проникаючу здатність.

До складів з хорошими проникаючими властивостями відносяться рідкі консерваційні масла [15]. Проникнення рідких інгібованих масел до металу, що знаходиться під іржею або забрудненням, і утворення адсорбованих плівок сприяє нейтралізації дії агресивних речовин (волога, кисень, розчини туків). Склади, які при нанесенні на метал швидко висихають і утворюють тверде покриття, не в змозі проникнути крізь пори іржі і ізолювати метал від агресивних речовин.

Тому при виборі захисних складів для консервації тукорозкидачів важливо оперативно оцінити їх змочувальні властивості при нанесенні на чисті і прокородовані поверхні металу.

### **1.5 Аналіз технічних засобів для консервації тукорозкидальних машин**

Технічні засоби для нанесення консерваційних матеріалів на поверхні сільськогосподарської техніки мають широку номенклатуру [14].

Якщо підготовка машин до зберігання проводиться в приміщення майстерні або на майданчику зберігання при пункті технічного обслуговування (ПТО), то використовується електромережа. В умовах відкритої площадки зберігання технічні засоби для нанесення консерваційних матеріалів приводяться в дію від двигунів внутрішнього згоряння автомобіля або трактора.

Особливості експлуатаційних умов, економічні можливості сільгосп підприємств, наявність матеріально-технічних і енергетичних ресурсів, фізико-реологічні властивості застосовуваних захисних складів, обсяг і терміни проведення консерваційних робіт слід враховувати при виборі або розробці відповідних їм типів технічних засобів.

Процес консервації техніки, зазвичай, здійснюється восени в умовах зниженої до 5°C температурі повітря, при якій в'язкість консерваційних складів різко збільшується. Висока в'язкість погіршує технологічність їх механізованого нанесення розпиленням.

Введення у в'язкі консерваційні матеріали розчинників, а також їх нагрівання дає можливість знизити їх в'язкість. Розчинник служить в якості проміжного агента, після нанесення консерваційних матеріалів він випаровується за рахунок випаровування. До переваг застосування розчинника можна віднести можливість спрощення технології нанесення, поліпшення суцільності і рівномірності отриманого покриття, до недоліків – погіршення захисних властивостей покриттів, витрати на його покупку.

Процес нанесення вузьких консерваційних складів з підігрівом дозволяє підвищити товщину і захисні властивості консерваційного покриття, економити органічні розчинники. Але при цьому ускладнюється технічна будова устаткування, виникає потреба в джерелі теплової енергії або в перетворювачі механічної енергії в теплову.

При розробці технічних засобів необхідно враховувати їх мобільність, можливість пересування в межах території господарства. В даний час застосування самохідних і причіпних агрегатів з антикорозійним обладнанням стало економічно нерентабельно. Тому для консерваційних робіт, перспективніше застосування навісних консерваційних агрегатів.

Проведений аналіз класифікаційних ознак обладнання дозволив визначити перспективні технічні рішення, на основі яких планується розробити компактний технічний засіб для нанесення в'язких складів з підігрівом: виконання – навісне на трактор; джерело енергії для нагріву –

тракторний генератор 28 В; привід компресора і генератора – від ВВП трактора; нагрів складу в баку – через стінку бака від ТЕН 28 В; подача нагрітого складу з бака – тиском стисненого повітря; обігрів шланга з нагрітим складом – від електроспіралі; нанесення складу – пневматичним пістолетом-розпилювачем.

У мобільному енергоприводі МЕР-02 (рисунок 1.3, а), навісному на трактор МТЗ-80, привід компресора і генератора здійснюється від ВВП [14].



а)



б)

Рисунок 1.3 – Мобільний енергопривід МЕР-02 і консерваційний апарат ПРК-5-28

Енергопривід оснащений рамою і замком для автозчеплення, редуктором з карданним валом, компресором, ресивером, повітряними шлангами, продувальним пістолетом, автотракторним генератором, електричним шнуром для підключення зовнішнього обладнання. Енергопривід використовується для виробництва, подачі стисненого повітря і низьковольтної електроенергії до обладнання для нанесення рідких і загущених консерваційних складів, обдування поверхонь повітрям, підкачування пневматичних шин.

Для нанесення в'язких складів енергопривід укомплектований консерваційним апаратом ПРК-5-28 (рисунок 1.3, б). Апарат ПРК-5-28 містить пістолет-розпилювач, розподільник, поворотну головку, гнучку насадку з соплом, повітряний шланг, забірний патрубок з нагрівальною спіраллю потужністю 0,1 кВт і змінний поліетиленовий балон для в'язкого складу. Подача електроенергії здійснюється по дротах, прикріплених до повітряного шлангу

Недоліки апарату ПРК-5-28: часті перерви техпроцесу консервації на заміну балона, тривалий нагрів складу при кожній заміні балона зважаючи на малу потужність спіралі, слабка механічна міцність поліетиленових балонів.

Пересувна установка для нанесення загущеного мастила (рисунок 1.4) дозволяє працювати без технологічних перерв [18]. Установка містить ручний візок, бак що обігрівається з теплоізоляцією стінок і кришки, пневморедуктор, шланги для подачі мастила і стисненого повітря в пістолет-розпилювач СО-71, повітряний шланг для приєднання до зовнішнього компресора, електричний пульт із понижуючим трансформатором 36 В і вимикачами, електричний шнур для підключення до електромережі 220 В.



Рисунок 1.4 – Пересувна установка для нанесення загущеній мастила

В обігрівальному баку, над дном розміщена сітка, під якою утворена камера локального нагріву. До дна бака знизу прикріплений піддон з тепловідвідним матеріалом – периклазом, в якому ТЕН-конфорка (220 В). Однак не висвітлені питання оптимізації потужності нагрівача при нанесенні в'язких складів в умовах знижених температур, питання визначення тепловтрат в процесі нагрівання конструктивних елементів напірного бака і в процесі руху нагрітого складу по шлангу. Не вивчена можливість застосування низьковольтних нагрівальних елементів для безпосереднього нагрівання в'язкого захисного складу від електроенергії генератора, виключивши при цьому інвертор напруги.

Таким чином, відсутність науково-обґрунтованих пропозицій для розробки ефективного захисного складу і мобільного технічного засобу для його нанесення негативно позначається на якості протикорозійного захисту сільськогосподарської техніки, в тому числі тукорозкидальних машин.

### **Висновки, мета і завдання досліджень**

Проведений аналіз конструктивних виконань машин для внесення мінеральних добрив і їх корозійної стійкості, організації і технологічних процесів підготовки до зберігання, консерваційних матеріалів, використовуваних для протикорозійного захисту і технічних засобів для їх нанесення, дозволив зробити наступні висновки:

1. Конструктивні виконання техніки для внесення добрив здійснені за такою принциповою схемою: ємність для добрив; пристрій живлення; розкидальні і висіваючі органи. Техніка для внесення мінеральних добрив піддається дії атмосферної корозії як в період польових робіт, так і в міжсезонний період.

2. Відсутність ефективних технологій консервації машин, доступних консерваційних складів і технічних засобів загострює проблему зберігання

тукорозкидальних машин, призводить до зниження їх надійності, напрацювання на відмову, терміну служби.

3. В даний час для захисту техніки від атмосферної корозії доступними й ефективними є матеріали, які отримують з дешевих компонентів з додаванням інгібіторів корозії. Поверхні тукорозкидальних машин практично неможливо очистити від частинок добрив і корозійних пошкоджень. Тому захисні склади повинні мати гарну інгібуючу, змочувальну і проникаючу здатність, щоб гальмувати корозійні процеси під нанесеним покриттям.

Основні завдання дослідження:

1. Обґрунтувати рецептуру інгібованого мазутного складу, оцінити його захисні і змочувальні властивості, визначити теплофізичні та реологічні характеристики.

2. Обґрунтувати аналітичні залежності та експериментально визначити раціональні параметри напірного пристрою для енергоекономного нагріву інгібованого мазутного складу при його нанесенні в умовах знижених температур.

3. Визначити техніко-економічні показники пропозицій.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Методика прискорених випробувань захисних складів в корозійно-активних розчинах добрив

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

- Мазут М-100 - суміш вуглеводнів, нафтових смол, асфальтенів, карбенів, карбоїдів;
- Кубові аміни (присадка емульгін) - термопластична речовина рожево-коричневого кольору, містить парафінові вуглеводні, первинні і вторинні аміни, що уповільнюють електрохімічну корозію сталі;
- Гарматна мастило ПВК (гарматне сало) - термопластична речовина світло-коричневого кольору, містить вазелін, масло і інгібітори корозії;
- Присадка КО-СЖК - пластична речовина темно-коричневого кольору, містить суміш монокарбонових жирних кислот і смолистих продуктів конденсації і полімеризації;
- Уайт-спірит - органічний розчинник з фракцій бензину з температурою кипіння 150 - 200°C [19]. Вміст уайт-спіриту впливає на технологічність нанесення покриття і його властивості.

На сталі 08кп досліджували захисні властивості покриттів з мазуту М100 і складів, що містять мазут М100 з однією з присадок (емульгін, КО-СЖК, гарматне сало, відпрацьоване синтетичне масло Мобіл-1) в кількості 3, 5, 7 і 10%. Консерваційні склади отримували змішуванням компонентів при нагріванні до 80°C. Покриття з цих складів оцінювали на стійкість до впливу

рідких корозійно-активних середовищ: 3% розчин хлориду натрію і концентрованих розчинів мінеральних добрив.

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

Швидкість корозії ( $K$ ) пластини оцінювали по втратах маси металу:

$$K = \frac{\Delta m}{S_n \cdot \tau}, \quad (2.1)$$

де  $\Delta m$  – втрата маси пластини, г;

$S_n$  – площа пластини,  $\text{м}^2$ ;

$\tau$  – тривалість випробувань, доба.

Ступінь захисту покриття ( $Z$ ) визначали за формулою:

$$Z = \frac{K_o - K}{K_o} \cdot 100 \%, \quad (2.2)$$

де  $K_o$  – швидкість корозії контрольної пластини (без покриття),  $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{добу})$ .

## 2.2 Атмосферні випробування захисних покриттів

На атмосферні випробування поставлені 2 партії по 12 пластин зі сталі 08кп розміром  $120 \times 60 \times 3 \text{ мм}$ , покриті інгібованим мазутним складом (84%

мазут М100 + 6% емульгін + 10% уайт-спірит) і бензино-бітумним складом (60% бензин + 35% бітум + 5% відпрацьоване масло). Контрольна партія – без покриття.

Масу компонентів відміряли на електронних вагах ВК-3000 відповідно до їх розкладу, компоненти завантажували в металеві кухлі. Кухоль з компонентами для бензино-бітумного складу закривали кришкою і залишали набухати на 2 доби.

Потім компоненти бензино-бітумного складу перемішували до повного розчинення шматків бітуму, фільтрували складу через сітку при переливу в лабораторний стакан. Компоненти інгібованого мазутного складу нагрівали до 80-90°C, ретельно перемішували і фільтрували в гарячому вигляді.

У нагрітому вигляді (38-43°C) інгібований мазутний склад наносили пензлем на партії пластин, попередньо зважених на аналітичних електронних вагах.

Бензино-бітумний склад наносили пензлем при кімнатній температурі. Покриті пластини вертикально підвішували у витяжній шафі на 5 діб для стікання надлишку складів.

Середня товщина покриття  $h_n$  (мм), нанесеного на пластину, за даними гравіметричних вимірювань розраховувалася за формулою:

$$h_n = \frac{m_{n,c} - m_n}{\rho_k S_n}, \quad (2.3)$$

де  $m_{n,c}$ ,  $m_n$  – маса пластини з покриттям і без покриття, г;

$S_n$  – площа пластини, мм<sup>2</sup>;

$\rho_k$  – щільність нанесеного складу, г/мм<sup>3</sup>.

Атмосферні випробування покриттів проводили в умовах впливу кліматичних факторів м Полтава. Для випробувань на атмосферостійкість покриті складами пластини розміщували на відкритому корозійному стенді (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Випробування захисних складів на атмосферостійкість

Покриття з пластин змивали розчинником (уайт-спіритом), продукти корозії прибирали протравленням в 10% розчині соляної кислоти з 10 г/л інгібітору ПКУ. Очищені пластини промивали дистильованою водою, сушили спиртом і зважували на електронних вагах.

Корозійні втрати металу  $\Delta m_{пот}$  (г/м<sup>2</sup>) розраховували за формулою:

$$\Delta m_{пот} = \frac{m_{до} - m_{исп}}{S_n}, \quad (2.4)$$

де  $m_{до}$  – маса сталеві пластини до випробувань, г/м<sup>2</sup>;

$m_{исп}$  – маса сталеві пластини після випробувань, г/м<sup>2</sup>;

$S_n$  – площа пластини, м<sup>2</sup>.

## **Висновки**

Загальна методика досліджень розроблена у відповідності з прийнятою програмою досліджень, підпорядкована вирішенню поставлених в роботі задач і базується на застосуванні математичного планування експерименту.

Теоретичні дослідження виконані з використанням принципів класичної механіки, математичного аналізу, моделювання та ін. Експериментальні методи використовувалися при проведенні лабораторних і лабораторно-польових досліджень з використанням теорії багатофакторного експерименту, математичної статистики.

Обробку експериментальних даних передбачено виконувати за допомогою методів математичної статистики і комп'ютерних програм.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### **3.1. Теоретичний аналіз змочувальних властивостей захисних складів**

В процесі експлуатації пофарбовані поверхні вузлів тукорозкидальних машин піддаються дії хімічно-активних інгредієнтів і руйнуються на ділянках зі слабким протикорозійним захистом. Через зруйноване лакофарбове покриття проникають волога, кисень та іони солей, які є стимуляторами електрохімічної корозії металу. В результаті розвитку корозійних процесів спочатку відбувається ослаблення міцності металевих деталей і зварювальних швів машини, а потім їх руйнування під дією експлуатаційних навантажень.

Розкидачі добрив, як і інші сільськогосподарські машини, після закінчення періоду експлуатації слід вимити, висушити і поставити на тривале зберігання, при цьому на поверхні деталей і вузлів зі стертим і зруйнованим лакофарбовим покриттям необхідно нанести захисне покриття. Зачистка корозійних плям і виразок вимагає істотних витрат праці, які можуть бути економічно виправдані при наступному нанесенні багатошарового високоякісного лакофарбового покриття.

При використанні консерваційних складів для тимчасового протикорозійного захисту на термін зберігання 8-10 місяців зачистку деталей від корозії не проводять. В цьому випадку нанесені по іржі склади повинні володіти хорошими інгібуючими і змочувальними властивостями, що забезпечують гальмування корозійних процесів під ними.

Процес змочування має першорядне значення, так як є основною умовою формування захисних покриттів. Від якості змочування і розтікання

консерваційного складу по поверхні багато в чому залежить зовнішній вигляд, суцільність, адгезійна міцність і захисна здатність покриттів. У здійсненні міцного адгезійного зв'язку важливе місце відводиться процесам мікрореологічного затікання рідкого матеріалу в мікропори і тріщини поверхні, що захищається [21].

Іржа на поверхні металу є пористим тілом, що складається з безлічі різноманітних капілярів. Крапля захисного матеріалу, розтікаючись по поверхні іржі, змочує і вбирається в її пори [22].

Змочування твердого тіла на практиці частіше за все оцінюють крайовим кутом  $\theta$  між поверхнею твердого тіла і дотичною, проведеною до поверхні рідини з будь-якої точки периметра змочування. Крайовий кут (кут змочування)  $\theta$  відраховують з боку рідини. При  $\theta < 90^\circ$  рідина проникає в поглиблення поверхні подібно до того, як вона всмоктується в змочувані капіляри. Це покращує змочування шорсткої поверхні. Якщо  $\theta > 90^\circ$ , то рідина не проникає в поглиблення, що погіршує змочування шорсткої поверхні. В [21] відзначено існування прямої залежності між кількістю рідини, поглиненої пористим тілом і  $\cos \theta$  при зменшенні в'язкості рідини відбувається збільшення  $\cos \theta$  при розтіканні і поліпшення просочувальної здатності [22].

Визначимо умови, при яких можливий рух консерваційного складу крізь вузькі пори іржі. Розглянемо вертикальну пору у формі усіченого конуса, що звужується в глибину іржі (рисунок 3.1).

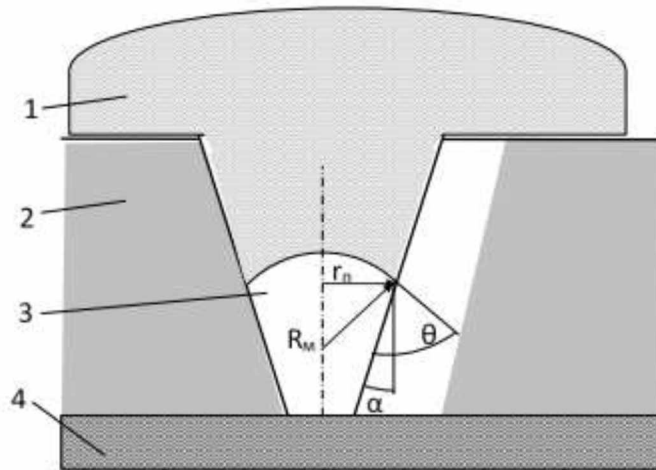


Рисунок 3.1 – Схема заповнення пори консерваційним складом: 1 - консерваційний склад; 2 - продукти корозії (іржа); 3 - пора; 4 – метал

У цій порі фронтальна поверхня рідкого складу утворює увігнутий сферичний меніск з радіусом кривизни  $R_m$ . Відповідно до рівняння Лапласа [22], увігнутий меніск рідини створює в ній негативний капілярний тиск  $p_k$ , спрямований вниз в сторону повітря. Величина цього тиску (тиску Лапласа) розраховується за формулою:

$$p_k = \frac{2\sigma_{жг}}{R_m}, \quad (3.1)$$

де  $\sigma_{жг}$  – поверхневий натяг складу, Н/м;

$R_m$  – радіус кривизни меніска, м.

Радіус  $R_m$  кривизни меніска визначимо з рисунку 3.1:

$$R_m = \frac{r_n}{\cos(\theta - \alpha)}, \quad (3.2)$$

де  $r_n$  – радіус пори по меніску, м;

$\theta$  – крайовий кут змочування складом стінки пори;

$\alpha$  – кут нахилу стінки пори до її осі.

Для спрощення подальшого аналізу приймемо, що крайовий кут змочування однаковий по всій довжині пори. Це правомірно, так як поставлена задача полягає у встановленні тенденції руху складу в порі, а не в розрахунку цього руху.

Підставами вираз (3.2) в (3.1) і визначимо капілярний тиск під меніском:

$$p_k = \frac{2\sigma_{жг} \cos(\theta - \alpha)}{r_n}. \quad (3.3)$$

Аналіз рівняння (3.3) показує, що консерваційний склад може затікати як в циліндричну пору (при  $\alpha = 0$ ), так і в розширювальну пору з негативною величиною кута нахилу (при  $\alpha < 0$ ).

Просочування пор іржі припиняється при капілярному тиску близькому до нуля, коли  $\cos(\theta - \alpha_o) = 0$ . Цей випадок можливий в розширювальній порі при кутах:

$$\theta - (-\alpha_n) = \frac{\pi}{2}. \quad (3.4)$$

З виразу (3.4) отримуємо кут нахилу  $\alpha_n$  розширювальної пори, при якій її просочування захисним складом стає неможливим:

$$\alpha_n = \frac{\pi}{2} - \theta. \quad (3.5)$$

Якщо прийняти, що поверхневий натяг складу  $\sigma_{жг} = const$ , то величина капілярного тиску в порах іржі залежить не тільки від радіуса  $r_n$  пори, але і від різниці кутів  $(\theta - \alpha)$ . При куті нахилу  $\alpha_o$  стінки пори, рівному крайовому куті змочування ( $\alpha_o = \theta$ ), величина  $\cos(\theta - \alpha_o) = 1$ , а капілярний тиск стане максимальним. При великих ( $\alpha > \alpha_o$ ) або менших ( $\alpha < \alpha_o$ ) кутах нахилу

стілки, капілярний тиск знизиться. Більший капілярний тиск має місце в найвузшому перерізі конусоподібної пори [23].

Визначимо зміну максимального капілярного тиску, що розвивається консерваційним складом в порі іржі (при  $\alpha_0 = \theta$ ) в залежності від діаметра пори:  $d_n = 2r_n$ . За даними [23] поверхневий натяг деяких продуктів нафтопереробки, які можуть бути використані в якості сировини для отримання консерваційних матеріалів, складає  $\sigma_{жс} = 0,039$  Н/м.

Капілярний підпір  $h_k$ , який відповідає максимальному капілярному тиску  $p_{k.max}$ , визначиться з рівності:

$$p_{k.max} = \frac{4\sigma_{жг}}{d_{п}} = \rho_c g h_k, \quad (3.6)$$

де  $\rho_c$  – щільність складу, в середньому  $\rho_c = 900$  кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

З (3.6) визначимо капілярний підпір:

$$h_k = \frac{4\sigma_{жг}}{\rho_c g d_{п}} \quad (3.7)$$

Результати розрахунків капілярного підпору  $h_k$ , виконані за формулою (3.7) для пори діаметром від 1 до 20 мкм, відображені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Капілярний підпір, створюваний складом в порах іржі

Діаметр перерізу пори, $d_n$ , мкм	1	2	5	10	20
Капілярний підпір, $h_k$ , м	17,7	8,8	3,5	1,8	0,9

За даними таблиці 3.1 в звужувальних порах максимальний капілярний підпір може досягати істотної величини: 0,9 - 17,7 м.

Якщо просочування проводиться дисперсією і частки дисперсії досить великі, то вони частково або повністю можуть фільтрувати і залишатися на поверхні, що покривається. Різна пористість фарбованої поверхні відображається на ступені вбирання сполучного 87, 92. Дослідженнями процесів вбирання фарб встановлено, що приблизно 20% зв'язуючого з першого шару фарби вбирається в підкладку.

Негативний капілярний тиск, що створюється в складі під плівкою поверхневого натягу, може інтенсифікувати проникнення в глибокі і вузькі пори іржі більш рухомого розчинника, відфільтрованого з нанесеного складу. Випаровування проникаючого в пори розчинника може послужити причиною утворення газових мікропузирів, що перешкоджають проникненню складу до захищеного металу.

Тому при нанесенні на іржаву поверхню слід очікувати погіршення захисних властивостей покриттів з консерваційних складів, що містять високолеткі пари розчинника. Це підтверджується результатами дослідження бензино-бітумних складів [23]. Де показано, що захисна ефективність бензино-бітумних складів в більшій мірі залежить від стану поверхні. Якщо вихідна поверхня сталі прокородована, то швидкість корозії під бензино-бітумним покриттям зростає в 8-10 разів. З проведеного аналізу можна зробити висновок, що консерваційні склади з високою температурою кипіння (важколетучі) розчинниками можуть краще заповнити пори іржі, забезпечивши при цьому більш тривалий протикорозійний захист прокородованого металу.

Консерваційні склади розрізняються по в'язкості, гомогенності, поверхневому натягу. Ці властивості впливають на крайові кути змочування при розтіканні краплі по плоскій поверхні металу і на швидкість просочування пір іржі.

Для визначення крайового кута змочування  $\theta$  проєктують на екран зображення невеликої краплі складу, вміщеної на металеву пластинку і вимірюють кут між контуром пластинки і дотичною до контуру краплі в точці їх дотику [14]. Слід зазначити що деякі склади містять розчинники, що випаровуються в процесі розтікання крапель, що призводить до помітних змін їх контурів і спотворень результатів вимірювань кутів в залежності від часу дослідження.

Крайовий кут змочування можна визначити за виразом:

$$\frac{h_k}{r_k} = \frac{1 - \cos\theta}{\sin\theta}, \quad (3.8)$$

де  $h_k$  – висота сегмента краплі.

Незважаючи на простоту формули, можливість її застосування на практиці обумовлена наявністю спеціального оптичного приладу для безконтактних вимірювань висоти краплі.

Зазначені причини послужили підставою для розробки розрахунково-експериментального методу визначення крайового кута змочування за розмірами плями розтікання краплі на поверхні металу [16]. Вважаючи, що крапля на горизонтальній пластині має форму кульового сегмента, розглянемо схему на рисунку 3.2, в якій:  $AB = h_k$  – висота краплі,  $DB = BC = r_k$  – радіус плями краплі, трикутник  $\triangle DAC$  – рівнобедрений,  $\triangle ABC$  – прямокутний.

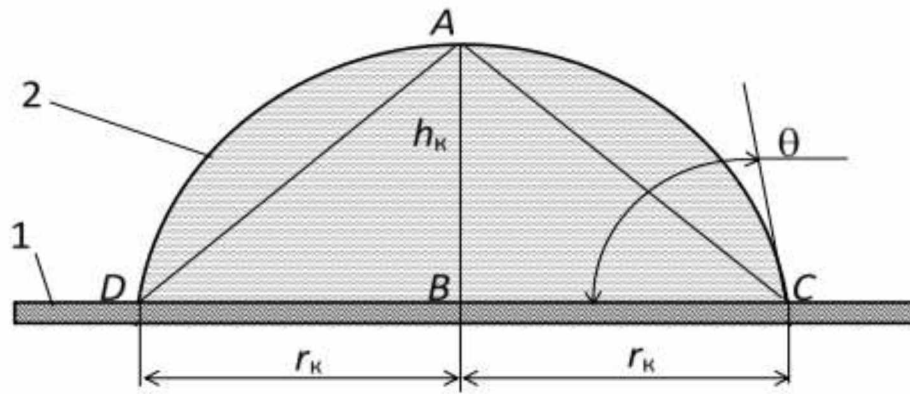


Рисунок 3.2 – Схема для визначення крайового кута ( $\theta$ ) змочування 1 - металева пластина; 2 - крапля складу

За побудовою, кут змочування  $\theta$ , утворений дотичною до контуру краплі в точці  $C$  і хордою  $DC$  дорівнює половині кутової величини дуги  $DC$  [17]. Так як дуга  $DC$  складається з двох рівних дуг  $DA$  і  $AC$  то крайовий кут  $\theta$  дорівнює кутовій величині дуги  $DA$ . Кут  $DCA$  є вписаним в контур краплі і тому дорівнює половині кутової величини дуги  $DA$  [17]. Відповідно, кут  $DCA$  (або  $\angle C \triangle ABC$ ) дорівнює половині крайового кута  $\theta$ :

$$\angle DAC = \angle C = \frac{\theta}{2}. \quad (3.9)$$

З прямокутного  $\triangle ABC$  знаходимо:

$$\operatorname{tg} \angle C = \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{h_k}{r_k}. \quad (3.10)$$

Використовуючи тригонометричні функції, виражаємо косинус через тангенс:

$$\cos \theta = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\theta}{2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{h_k}{r_k}\right)^2}}. \quad (3.11)$$

При висоті краплі  $h_k = 0$  косинус  $\cos \theta = 1$ , і консерваційний склад добре змочує поверхню металу. Однак, в ході дослідів при випаровуванні летючої

частини складу, висота  $h_k$  краплі з часом зменшується, що є причиною гістерезиса крайового  $\angle\theta$  і отримання завищених значень  $\cos\theta$ .

В цьому випадку оцінка змочувальної здатності консерваційного складу проводиться за фактором розтікання. Як фактор розтікання  $\alpha$  пропонується використовувати відношення площ:

$$\alpha = \frac{\sqrt{S_k}}{\sqrt{S_o}}, \quad (3.12)$$

де  $S_k$  – площа фактичної плями розтікання краплі складу об'ємом  $V_k$ , на досліджуваній поверхні;

$S_o$  – площа умовної плями краплі складу такого ж обсягу  $V_k$  на незмочувальній поверхні (при  $\angle\theta = 90^\circ$ ).

У загальному випадку фактична пляма розтікання краплі являє собою еліпс [18]. Його площа визначається за формулою:

$$S_k = \pi r_{k1} \cdot r_{k2} = 0,25\pi d_{k1} \cdot d_{k2}, \quad (3.13)$$

де  $R_{k1}, R_{k2}, (d_{k1}, d_{k2})$  – розміри півосей, (осей) еліпса, мм.

Площа умовного плями краплі, що представляє собою коло:

$$S_o = \pi r_o^2 = 0,25\pi d_o^2, \quad (3.14)$$

де  $r_o, (d_o)$  – умовний радіус, (діаметр) плями краплі на незмочувальній поверхні при  $\angle\theta = 90^\circ$ , мм.

Підставляємо вирази (3.12) і (3.13) в (3.11), визначаємо фактор розтікання в загальному випадку:

$$\alpha = \frac{\sqrt{r_{k1} \cdot r_{k2}}}{r_o} = \frac{\sqrt{d_{k1} \cdot d_{k2}}}{d_o}, \quad (3.15)$$

де  $\sqrt{r_{k1} \cdot r_{k2}}$ ,  $(\sqrt{d_{k1} \cdot d_{k2}})$  – середній геометричний радіус, (діаметр) фактичного плями розтікання краплі, мм.

Якщо фактична пляма краплі є кругом з радіусом  $r_k$  (діаметром  $d_k$ ), то фактор розтікання  $\alpha$  розраховується за формулою:

$$\alpha = \frac{r_k}{r_o} = \frac{d_k}{d_o}. \quad (3.16)$$

При подальшому теоретичному обґрунтуванні експрес-методу оцінки змочування, фактична пляма розтікання краплі має вигляд кола, його фактор розтікання визначається за вищевказаною формулою.

На незмочувальній поверхні ( $\angle\theta = 90^\circ$ ) краплина має форму півсфери, а її обсяг  $V_k$  визначається за формулою [17]:

$$V_k = \frac{2}{3} \pi r_o^3. \quad (3.17)$$

Звідси радіус ( $r_o$ ) плями краплі на незмочувальній поверхні (умовний радіус):

$$r_o = \sqrt[3]{3V_k/(2\pi)} = 0,782 \sqrt[3]{V_k}. \quad (3.18)$$

Якщо в процесі розтікання об'єм краплі практично не змінюється, то при  $\theta < 90^\circ$  ( $\cos \theta > 0$ ) він дорівнює:

$$V_k = \frac{1}{6} \pi h_k (3r_k^2 + h_k^2) = \frac{1}{6} \pi r_k^3 \left( 3 \frac{h_k}{r_k} + \frac{h_k^3}{r_k^3} \right). \quad (3.19)$$

Формула (3.17) з урахуванням виразу (3.9) представляється у вигляді:

$$V_k = \frac{1}{6} \pi r_k^3 \left( 3 \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} + \operatorname{tg}^3 \frac{\theta}{2} \right). \quad (3.20)$$

З формул (3.16), (3.18) і (3.15) отримаємо вираз:

$$\frac{r_k^3}{r_o^3} = \frac{4}{3 \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} + \operatorname{tg}^3 \frac{\theta}{2}} = \alpha^3. \quad (3.21)$$

Рівняння (3.19) встановлює зв'язок між тангенсом половини крайового кута змочування ( $\theta$ ) і фактором розтікання ( $\alpha$ ) консерваційного складу.

Для оперативного визначення крайового кута змочування з похибкою не більше  $\pm 5\%$ , нами запропоновано рішення трансцендентного рівняння (3.19) методом проб і помилок з перетворенням його в рівняння алгебри. Крайовий кут змочування (в радіанах) може бути визначено через тангенс за формулою наближеного обчислення [18]:

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{\theta}{2}. \quad (3.22)$$

Ця формула дійсна в інтервалі від 0 до 0,517 рад. ( $0^\circ$  до  $29,6^\circ$ ) [21] з похибкою до 10%. Застосувавши формулу (3.20) до рівняння (3.19), в першому наближенні отримаємо:

$$12 \cdot \theta + \theta^3 = \frac{32}{\alpha^3}. \quad (3.23)$$

В інтервалі до  $45^\circ$  (0,785 рад.), де кут  $\theta_3 < \theta$ , перший доданок рівняння (3.21) набагато більше другого доданка:  $12 \cdot \theta \gg \theta^3$ . У другому наближенні вирішимо рівняння (3.21) без доданка  $\theta^3$ . Виразивши отриманий результат в градусах, отримаємо формулу:

$$\theta = \frac{480}{\pi \alpha^3} = \frac{152,8}{\alpha^3}. \quad (3.24)$$

Аналіз показує, що формула (3.22) може бути використана для визначення крайового кута змочування до  $30^\circ$  при факторі розтікання  $5,346 \geq \alpha \geq 1,694$ . При цьому розбіжність у визначенні кутів змочування за вказаними формулами не більше  $\delta = 5\%$ .

### **3.2 Обґрунтування напряму розробки технології консервації тукорозкидальних машин**

Зберігання розкидачів добрив здійснюється, в основному, на відкритих майданчиках. Підготовку машин до зберігання проводять восени при низькій температурі і високій вологості повітря. Якісне виконання робіт при підготовці техніки до зберігання залежить від наявності в господарствах ефективних консерваційних складів і технічних засобів для їх нанесення, адаптованих до використання на відкритих майданчиках [14].

При цьому, поряд з підвищенням продуктивності праці, необхідно обмежувати витрати на захисні склади і паливо, що витрачається на привід технічних засобів консервації. Неякісна підготовка поверхні, застосування малоефективних складів, що не відповідають умовам використання і зберігання машин, знижують термін захисту машин консерваційні покриттям [14]. Мінімальна тривалість захисту машин  $t_3$  консерваційними складами повинна бути не менше терміну  $t_x$  їх зберігання:

$$t_3 \geq t_x. \quad (3.25)$$

При виконанні цієї умови забезпечується збереженість показників працездатності машин в період зберігання і їх надійна експлуатація після його завершення.

Роботи з підготовки та нанесення консерваційних покриттів на робочі органи машин здійснюються на майданчиках зберігання. Виконання операцій

з консервації машин із застосуванням технічного засобу пов'язаного з витратами палива на привід трактора.

У розрахунку на 1 машину баланс часу  $t_n$ , що витрачається на консервацію машин із застосуванням технічного засобу, включає:

$$t_n = t_1 + t_2 + t_3, \quad (3.26)$$

де  $t_1$  – оперативний час очищення та сушіння поверхні, год.;

$t_2$  – оперативний час нанесення покриття, год.;

$t_3$  – час технологічного обслуговування в розрахунку на 1 машину, год.

Витрати часу  $t_1$  залежать від забруднення поверхні, наявності на ній вологи. Так як на майданчиках зберігання неможливо ретельно висушити і очистити робочі органи, які підлягають консервації, то доцільно використовувати склади, здатні просочувати залишкові забруднення, продукти корозії і змочувати вологу поверхню.

Витрати часу  $t_1$  залежать від забруднення поверхні, наявності на ній вологи. Так як на майданчиках зберігання неможливо ретельно висушити і очистити робочі органи, які підлягають консервації, то доцільно використовувати склади, здатні просочувати залишкові забруднення, продукти корозії і змочувати вологу поверхню.

На час  $t_1$  впливають площа очищення 1 машини, продуктивність очищувального пристрою і ступінь забрудненості (вологості) поверхні:

$$t_1 = \frac{S_{ki} k_1}{B_1}, \quad (3.27)$$

де  $S_{ki}$  – площа консервації 1 машини  $i$ -ої марки, м<sup>2</sup>;

$k_1$  – коефіцієнт, що враховує забрудненість (вологість) поверхні, за визначенням  $k_1 \geq 1,0$ ;

$B_1$  – продуктивність очисного пристрою, м<sup>2</sup>/год.

Витрати оперативного часу  $t_2$  на нанесення покриттів залежать від експлуатаційної продуктивності  $B_2$  технічного засобу (м<sup>2</sup>/год), площі  $S_{ki}$  консервації та кількості  $n_{cl}$  нанесених шарів складу для отримання покриття заданої товщини:

$$t_2 = \frac{S_{ki} n_{cl}}{B_2}. \quad (3.28)$$

Експлуатаційна продуктивність  $B_2$  залежить від технічної продуктивності  $B_n$  нанесення покриття, від конфігурації, розмірів і доступності оброблюваних поверхонь на вузлах конкретної марки машини. Її розраховують за формулою:

$$B_2 = B_n \cdot k_{2i}, \quad (3.29)$$

де  $k_{2i}$  – коефіцієнт реалізації технічної продуктивності нанесення консерваційного покриття; величина коефіцієнта залежить від конструктивних особливостей машини, за визначенням  $k_{2i} < 1,0$ .

Технічну продуктивність  $B_n$  (м<sup>2</sup>/год) визначають шляхом нанесення консерваційного покриття на горизонтальний сталевий лист:

$$B_n = 3600 \frac{S_l}{t_l}, \quad (3.30)$$

де 3600 – число для переведення розмірності з «секунди» в «годину»;

$S_l$  – площа сталевих листа, м<sup>2</sup>;

$t_l$  – час нанесення покриття, с.

Технічні засоби оснащуються напірними резервуарами для консерваційних складів. В'язкі консерваційні склади перед нанесенням необхідно підігрівати для розрідження [12]. При цьому на нагрів складу витрачається енергія, збільшується тривалість підготовки до роботи.

Тривалість технологічного обслуговування технічного засобу для нанесення покриттів в розрахунку на 1 машину включає:

$$t_3 = \frac{t_{3.1} + t_{3.2} + t_{3.3}}{n_m}, \quad (3.31)$$

де  $t_{3.1}$  – тривалість заправки складом напірного резервуара, год.;

$t_{3.2}$  – тривалість настройки режиму роботи, год.;

$t_{3.3}$  – тривалість нагріву консерваційного складу до робочої в'язкості, год.;

$n_m$  – кількість машин, захищених складом із заправленого резервуара.

Резервуар технічного засобу заправляють вільним наливом через заливну горловину (в рідкому вигляді) або завантаженням при знятій кришці (у в'язкому стані). Чим більше обсяг резервуара, тим рідше його заправляють і менші витрати часу  $t_{3.1}$ . Максимальний обсяг резервуара, як ємності, що працює під тиском до 0,8 МПа, не повинен перевищувати 25 л – відповідно до вимог нагляду [23].

Кількість машин  $n_m$ , захищених консерваційним складом з резервуара залежить від обсягу  $V_p$  заправки резервуара (л) і норми  $H_c$  витрати складу (л/маш.) На 1 машину:

$$n_m = \frac{V_p}{H_c}. \quad (3.32)$$

Підставляємо вираз (3.31) в (3.30) і уточнюємо витрати часу  $t_3$ :

$$t_3 = \frac{H_c(t_{3.1} + t_{3.2} + t_{3.3})}{V_p}. \quad (3.33)$$

Витрати потужності на нагрівання вузького складу:

$$P_r = \frac{V_r c_r (T_r - T_x)}{3600 t_{3.3} \cdot \rho_r \eta_r}, \quad (3.34)$$

де  $P_2$  – потужність нагрівача, Вт;

$V_2, c_2$  – обсяг (л), питома теплоємність нагрівального складу, Дж/(кг·°С);

$T_2, T_x$  – температура нагрітого і холодного складу, °С;

$\rho_2$  – щільність консерваційного складу, кг/л;

$\eta_2$  – коефіцієнт корисного використання потужності нагрівача.

З формули (3.33) визначимо витрати часу  $t_{3.3}$  (год.) на нагрів консерваційного складу до робочої в'язкості:

Питомі витрати потужності  $P_{г.уд}$  на нагрів складу:

$$P_{г.уд} = \frac{N_{г.}}{V_{г.}} \quad (3.35)$$

Скорочення часу нагріву  $t_{3.3}$  вузького складу сприяє збільшенню частки оперативного часу нанесення покриття в структурі змінного часу роботи технічного засобу. Прискорити розігрів вузького складу можливо шляхом підвищення питомих витрат потужності  $P_{г.уд}$  на нагрів складу. Це можливо досягти зниженням обсягу  $V_2$  нагріваного складу. В останньому випадку концентрація енергії на невеликій кількості складу, дозволить прискорено розігрівати його без підвищення потужності нагрівача і економно витратити енергоносії.

Продуктивність  $W_n$  технологічного процесу консервації виражається в кількості машин, законсервованих за 1 годину роботи:

$$W_{п} = \frac{1}{t_{н}} = \frac{1}{t_1 + t_2 + t_3} \quad (3.36)$$

Таким чином, визначено напрями вдосконалення технології та технічної консервації розкидачів добрив та іншої сільськогосподарської техніки. Вони засновані на:

- застосуванні в'язкого консерваційного складу, захищають метал одношаровим покриттям ( $N_{cl} = 1$ ) по окисненій (іржавій) поверхні;

- застосуванні технічного засобу, що забезпечує нанесення захисного покриття з високою продуктивністю ( $B_n - max$ ) в польових умовах;
- застосуванні резервуара для захисного складу зі збільшеним об'ємом заправки ( $V_p - max$ );
- підвищенні питомої потужності нагріву  $P_{z,yd}$  вузького складу за рахунок зниження обсягу ( $V_2$ ) порожнини, в якій він нагрівається.

### **3.3. Результати прискорених досліджень мазутних складів на стійкість до розчинів мінеральний добрив**

Аналіз вартості доступних нафтопродуктів показав, що низький ціновий рівень займає важкий мазут М100. Мазут є залишковим продуктом, що утворюється при виділенні з нафти легких фракцій (бензинових, гасових, газойлевих). Важкий мазут М100 має умовну в'язкість 100 ВУ (при 50°C), температуру застигання - не вище 25°C, кінематичну в'язкість - 50 мм<sup>2</sup>/с (при 100°C), щільність - 1015 кг/м<sup>3</sup>, вміст сірки - до 3,5% , температуру спалаху - від 110°C) [21]. Мазут малотоксичний, відноситься до 4-го класу небезпеки. Наявність в його складі нафтових смол, карбенів, карбоїдів і метало органічних з'єднань вказує на здатність пригнічувати електрохімічну корозію сталі [21].

На сталі 08кп досліджували захисні властивості покриттів з мазуту М100 і покриттів з двокомпонентних складів, що містять мазут М100 і інгібуючу добавку в кількості 3, 5, 7 і 10%. Як добавки використовували присадку емульгін (кубові аміни), присадку КО-СЖК (кубові залишки синтетичних жирних кислот), гарматне сало і відпрацьоване синтетичне масло Мобіл-1 (ОСМ). Консерваційні склади на основі мазуту отримували змішуванням компонентів при нагріванні до 80°C.

Результати електрохімічних вимірювань, що відображають здатність цих складів гальмувати електрохімічної корозії, ілюстровані рисунком 3.3.

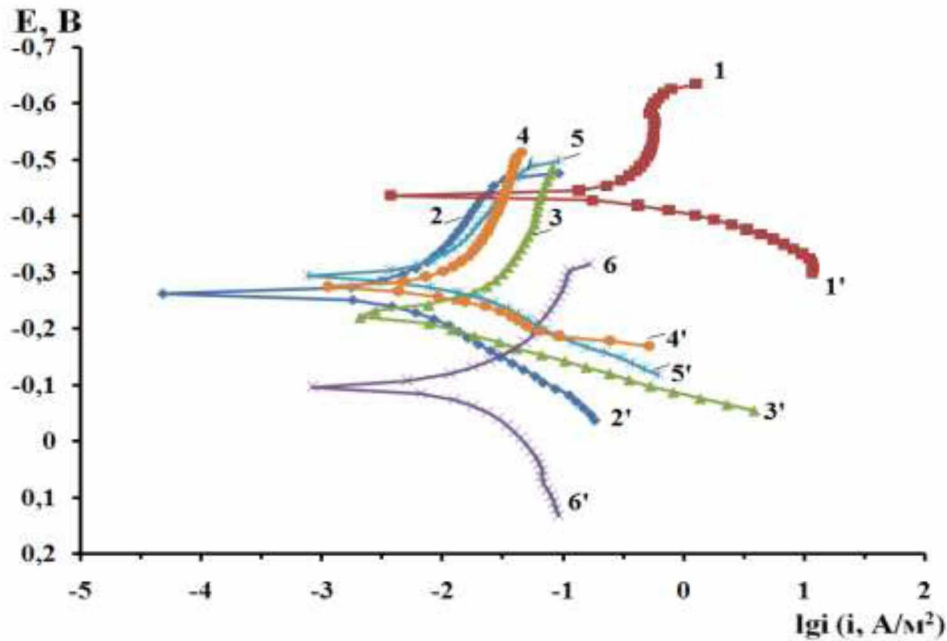


Рисунок 3.3 – Поляризаційні криві на сталі 08кп в 3,0% розчині *NaCl*

Покриття електрода: 1-1' - відсутній (фоновий розчин); 2-2' - мазут; 3-3' - мазут + 50% ОСМ; 4-4' - мазут + 10% гарматного сала; 5-5' - мазут + 10% КО-СЖК; 6-6' - мазут + 6% емульгін

Як бачимо, всі вивчені склади на основі мазуту гальмували обидві парціальні реакції (анодний і катодний), зміщуючи при цьому потенціал іонізації в позитивну сторону.

Покриття з складів на мазутній основі оцінювали на стійкість до впливу рідких корозійно-активних середовищ: 3% розчину хлориду натрію і концентрованих розчинів мінеральних добрив, тривалість випробувань – 15 діб.

Захисна здатність покриттів з консерваційних складів на мазутній основі при впливі 3% розчину хлориду натрію показана на рисунку 3.4. У 3% розчині хлориду натрію ступінь захисту сталі 08кп покриттям з мазуту М100 дорівнювала 94%.

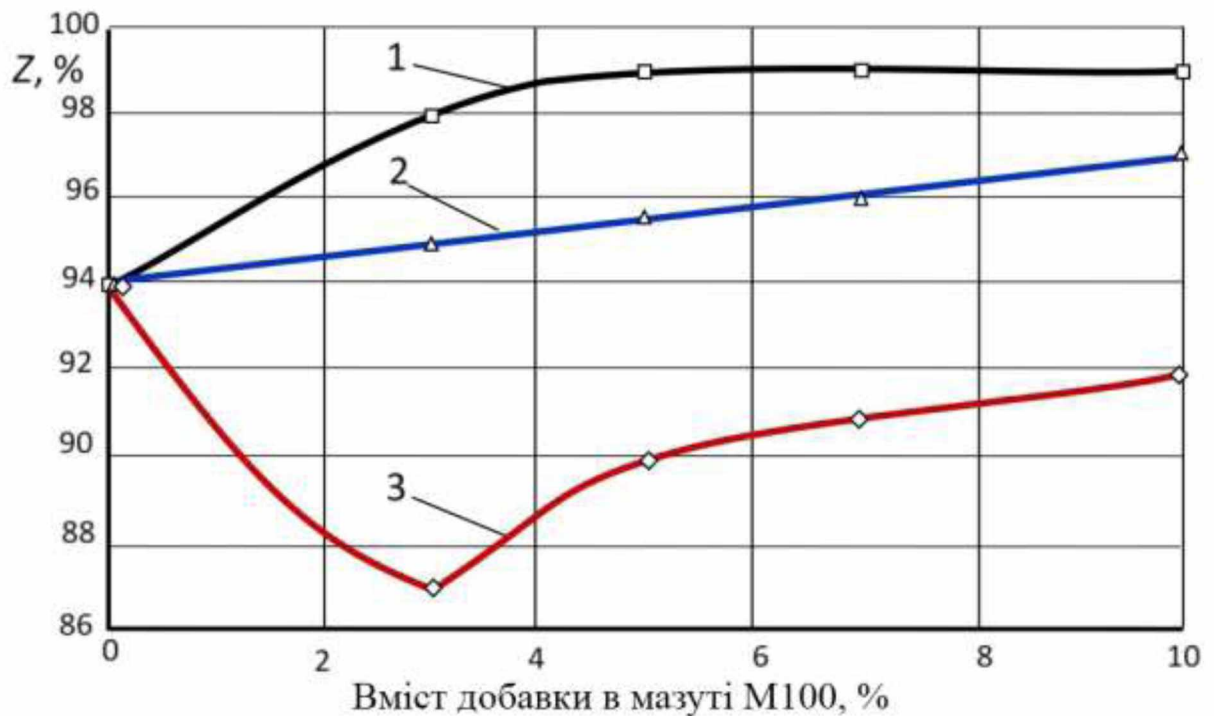


Рисунок 3.4 – Зміна ступеня захисту  $Z$  покриттів в залежності від вмісту добавок

1 - мазут + емульгін; 2 - мазут + гарматне сало; 3 - мазут + КО-СЖК

Введення в мазут М100 гарматного сала від 3 до 10% підвищило ступінь захисту сталі 08кп від 95 до 97%. Додавання в мазут М100 3% КО-СЖК призвело до зниження ступеня захисту сталі до 87%. Кубові залишки синтетичних жирних кислот не підходять для використання в якості добавки до мазуту М100 проти корозії сталі 08кп в умовах впливу хлориду натрію.

У 3% розчині хлориду натрію досліджені захисні властивості плівок з сумішшю мазуту М100 і очищеного синтетичного масла Мобіл-1, нанесених на сталь 08кп; результати дослідження – на рисунку 3.5.

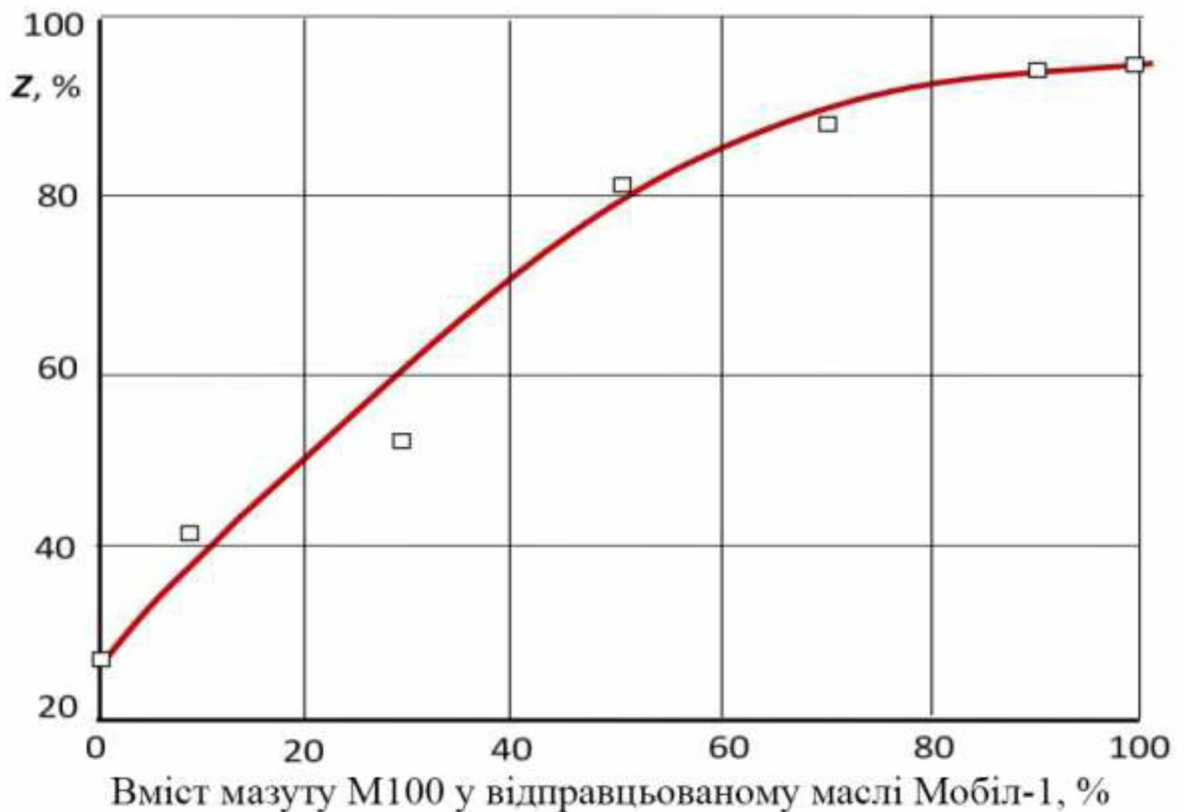


Рисунок 3.5 – Вплив вмісту мазуту M100 у відпрацьованому синтетичному маслі Мобіл-1 на ступінь Z захисту покриття

Відзначено підвищення в 3 рази ступеня захисту металу при нанесенні плівки з суміші відпрацьованого синтетичного масла з мазутом в співвідношенні 1: 1; при цьому швидкість корозії сталі Ст3 під покриттям знизилася в 4 рази. Додавання в мазут до 10% відпрацьованого синтетичного масла практично не змінювало захисні властивості нанесеної плівки. Плівка з мазуту M100 в 12 разів сильніше гальмувала швидкість корозії в 3% розчині хлориду натрію, ніж плівка з відпрацьованого синтетичного масла Mobil-1.

При роботі з мінеральними добривами відкриті поверхні сталевих деталей розкидачів добрив, зернотукових сівалок, культиваторів-підживлювачів піддаються впливу корозійно-активних речовин.

Як консерваційні склади при нанесенні покриттів використовували мазут М100, суміш мазуту з 10% присадки КО-СЖК, суміш мазуту з 6% присадки емульгін і суміш мазуту з 10% гарматного сала.

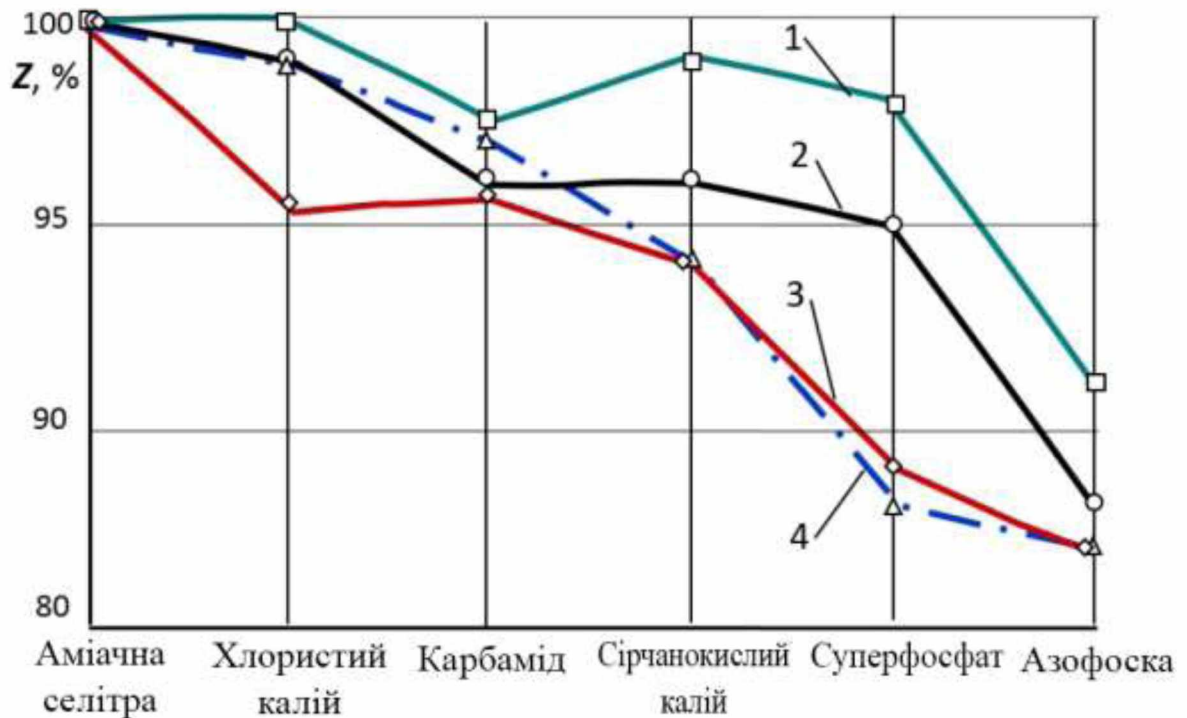


Рисунок 3.6 – Ступінь  $Z$  захисту сталі 08кп консерваційними покриттями, що містять мазут М100, в концентрованих розчинах мінеральних добрив

Консерваційний склад: 1 - мазут М100 + 6% емульгін; 2 - мазут М100; 3 - мазут М100 + 10% КО-СЖК; 4 - мазут М100 + 10% гарматного сала

Інгібування мазуту присадкою емульгін (6%) поліпшило захисні властивості мазуту М100, забезпечивши зниження швидкості корозії металу до 4-х разів, а введення 10% присадки КО-СЖК і гарматного сала - погіршило.

Покриття з інгібованого мазутного складу було піддано річним випробуванням на атмосферостійкість. При цьому пластини з покриттями розміщувалися на стенді під відкритим небом. Покриття на пластинах

висихали і ставали твердими через 1,5-2 місяці випробувань. У таблиці 3.2 представлені значення корозійних втрат сталі 08кп при захисті покриттями, що містять інгібований мазутовий і бензино-бітумний склади.

Таблиця 3.2 – Результати випробувань атмосферостійкості покриттів

Склад покриття	Товщина покриття, мкм	Корозійні втрати сталі 08кп, г/м <sup>2</sup>			
		3 міс.	6 міс.	9 міс.	12 міс.
Контроль (без покриття)	–	72	93	106	113
Інгібований мазутний склад (84% мазут + 6 % емульгін + 10% уайт-спірит)	68	0	0,38	0,84	2,14
Бензино-бітумний склад	46	0,8	3,1	5,9	7,0

На рисунку 3.7 показана динаміка зміни корозійних втрат пластин сталі 08кп, випробуваних без покриття, а також захищених покриттям із інгібованого мазутного складу і бензино-бітумного складу.

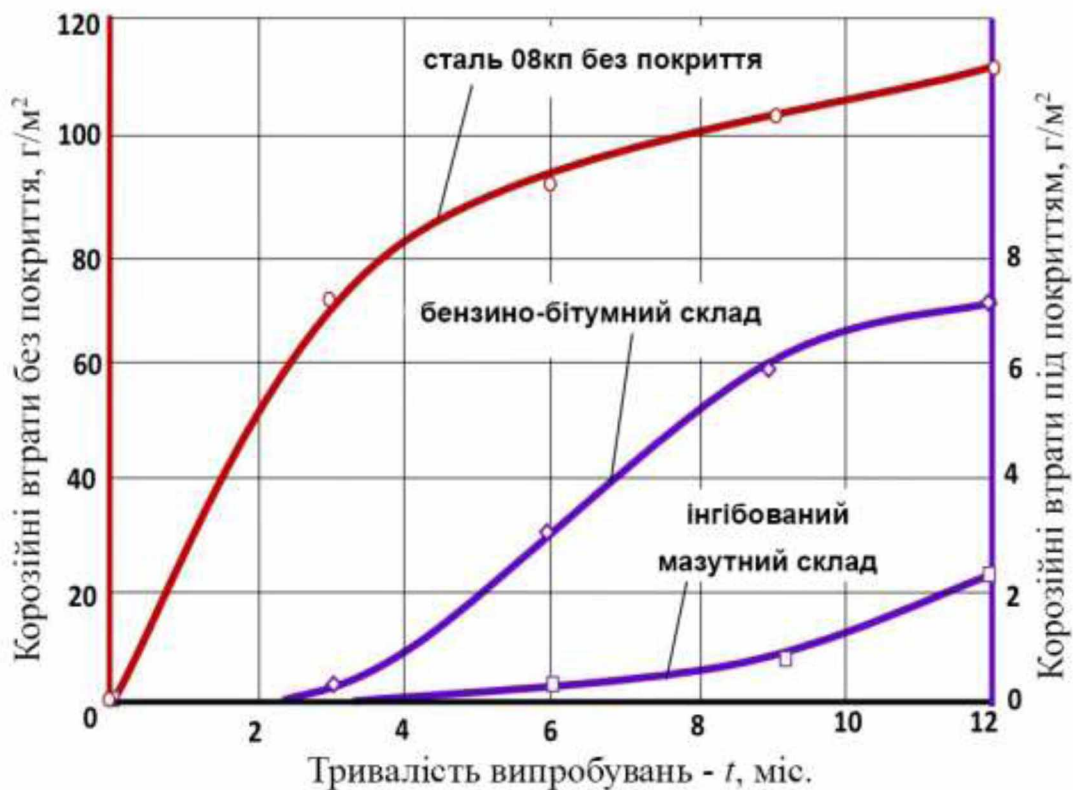


Рисунок 3.7 – Динаміка зміни корозійних втрат сталі 08кп без захисту і при захисті консерваційними складами в умовах відкритої атмосфери

Стан досліджуваних покриттів за результатами випробувань показано на фотознімках (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Вид пластин після атмосферних випробувань

Дослідження підтвердило вищу атмосферостійкість інгібованого мазутного складу в порівнянні з бензино-бітумним. За результатами проведених випробувань цей захисний склад рекомендується до застосування при консервації сільськогосподарської техніки на період тривалого зберігання – до 1 року.

## Висновки

За ступенем корозійного впливу на сталь 08кп, захищену покриттям з мазуту М100, концентровані розчини мінеральних добрив розташовуються в наступному порядку: азофоска > суперфосфат > сірчаноокислий калій > карбамід > хлористий калій > аміачна селітра. Інгібування мазуту присадкою емульгін (6%) поліпшило захисні властивості мазуту М100, забезпечивши зниження швидкості корозії металу до 4-х разів.

Річні втрати незахищеної сталі 08кп в умовах м. Полтава становлять 113 г/м<sup>2</sup>, при захисті бензино-бітумним складом річні втрати металу знижуються в 16 разів, а при захисті інгібованим мазутним складом – в 52 рази.

## РОЗДІЛ 4

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

#### 4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна експертиза в Україні – вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, реалізація і дія яких може негативно впливати або впливає на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, і спрямована на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання й відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Метою екологічної експертизи є запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях і об'єктах.

Об'єкти, суб'єкти, види екологічної експертизи висвітленні у законі України «Про екологічну експертизу» (9.02.1995р.).

Екологічна експертиза може бути державна, громадська та інша.

Державна екологічна експертиза проводиться експертними підрозділами чи спеціально створюваними комісіями спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів та його органів на місцях на основі принципів законності, наукової обґрунтованості, комплексності, незалежності, гласності та довгострокового прогнозування.

Для участі в проведенні державної екологічної експертизи можуть залучатися відповідні органи державного управління України, представники науково-дослідних, проєктно-конструкторських, інших установ та організацій, вищих навчальних закладів, громадськості, експерти міжнародних організацій.

Висновок державної екологічної експертизи після затвердження спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів є обов'язковим для виконання.

Позитивний висновок державної екологічної експертизи є підставою для відкриття фінансування всіх програм і проєктів.

Реалізація програм, проєктів і рішень без позитивного висновку державної екологічної експертизи забороняється.

Громадська екологічна експертиза здійснюється незалежними групами спеціалістів з ініціативи громадських об'єднань, а також місцевих органів влади за рахунок їх власних коштів або на громадських засадах.

Громадська екологічна експертиза проводиться незалежно від державної екологічної експертизи.

Висновки громадської екологічної експертизи можуть враховуватися органами, які здійснюють державну екологічну експертизу, а також органами, що заінтересовані у реалізації проєктних рішень або експлуатують відповідний об'єкт.

Інші екологічні експертизи можуть здійснюватися за ініціативою заінтересованих юридичних і фізичних осіб на договірній основі із спеціалізованими еколого-експертними органами і формуваннями.

Завданням екологічної експертизи є:

а) визначення екологічної безпеки господарювання та іншої діяльності, яка може нині або в майбутньому прямо або посередньо негативно вплинути на стан навколишнього середовища;

б) встановлення відповідності передпроектних, передпланових, проектних та інших рішень вимогам законодавства про охорону навколишнього середовища;

в) оцінка повноти й обґрунтованості передбачуваних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища та здоров'я населення, яка здійснюється Міністерством охорони навколишнього природного середовища разом із Міністерством охорони здоров'я України.

## **4.2. Охорона праці**

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE. Безпека життя та праці сьогодні формується як меганаука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я,

працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

Основними технічними засобами охорони праці є захисні пристрої.

Для запобігання захоплення, удару робочими механізмами всі види передач різних верстатів і установок, які використовуються при відновленні гільз і нанесенні покриттів повинні мати огорожувальні пристрої - кожухи, щити, екрани, козирки, планки, бар'єри (суцільні та сітчасті).

Крім того застосовують: блокувальні пристрої (механічні, електронні, електричні, пневматичні, гідравлічні), пристрої, до яких відносяться системи захисту від ураження електричним струмом, пристрої сигналізації.

Для безпеки експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок необхідно забезпечити захисне заземлення.

При виявленні нагріву тертьових деталей, появи гару або диму верстат потрібно негайно зупинити і приступити до гасіння пожежі наявними засобами, викликати пожежну команду. Двигун, що загорівся, або

електропроводку необхідно гасити сухим піском або вогнегасником (вуглекислотним або порошковим). При значному поширенні пожежі, коли його не можна ліквідувати наявними на ділянці засобами, робітники будуть евакуюватися через задалегідь передбачену необхідну кількість дверей.

ПАВ (поверхнево-активні речовини), порошкоподібні мінеральні і органічні солі антифрикційних металів, водорозчинні ЗОР (змащуючо-охолоджуючі рідини), гліцерин, органічні кислоти та ін.).

Робота з такими речовинами (поверхнево-активні речовини, порошкоподібні мінеральні і органічні солі антифрикційних металів, водорозчинні змащуючо-охолоджуючі рідини, гліцерин, органічні кислоти та ін.) створює небезпеку отруєнь, опіків та професійних захворювань. Вдихання шкідливих речовин призводить до ураження верхніх дихальних шляхів і загальнотоксичного впливу. Попадання кислот і лугів на шкіру може викликати подразнення або опік. Тому необхідно працювати в спеціальній захисній формі.

Поряд з хімічними небезпечними і шкідливими факторами технологічний процес характеризується і фізичними факторами: шумом, вібрацією, запиленістю та ін.

Щоб захистити працюючих від запиленості, шуму і вібрації потрібно встановити в приміщенні вентиляцію, кондиціонери, звукоізолюючі кожухи, екрани, стіни, перетинки, які виготовляють із щільного матеріалу.

Також для працівників повинні проводитись всі потрібні інструктажі і навчання з охорони праці, повинен бути журнал з проведення інструктажів, з відповідними замітками.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактора визначається як травма.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень небезпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;

- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;

- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

У розділі охорони праці представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що виникають в під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої;

- 2) для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;

- 3) для захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;

- 4) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби.

### **4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробки**

Технологія приготування інгібованого мазутного складу ідентична технології приготування загущених консерваційних мастил. Для приготування інгібованого мазутного складу можна використовувати установку ОПУ-80.

Річні витрати підприємства за статтями витрат на електроенергію, оплату праці, амортизацію і закупівлю компонентів, зведені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Витрати на виробництво інгібованого мазутного складу

Стаття витрат	Ціна (вартість)	Річні витрати	Вартість витрат, грн.	Частка статті витрат, %
Закупка компонентів: - мазут М100; - уайт-спірит; - присадка Емульгін	8 грн./л 52 грн./л 110 грн./кг	240 л 36 л 18 кг	1920 1872 1980	20,8 20 21
Електроенергія	1,6 грн./кВт·год.	17,6 кВт·год.	45	0,5
Оплата праці	–	5,84 люд.-год.	925	10
Амортизація	–	–	2640	28
ВСЬОГО:	–	–	9382	100
Обсяг виробництва	–	290 л/рік	–	–
Інгібований мазутний склад	32,3 грн./л	–	–	–

Частка витрат на закупівлю компонентів становить 61,5%, частка експлуатаційних витрат нижче – 38,5%. Досить висока частка амортизаційних відрахувань (28%) може бути знижена при збільшенні обсягу виробництва складу.

Для порівняльної оцінки застосування нового інгібованого мазутного складу і базового бензино-бітумного, використана цільова функція захисної ефективності:

$$\Phi_z = (C_b - C_n) V_r \cdot \Delta m_b / \Delta m_n, \quad (4.1)$$

де  $\Delta m_b$ ,  $\Delta m_n$  – втрати металу від корозії в період зберігання машини при захисті базовим і новим складами, відповідно, г/м<sup>2</sup>.

Втрати сталі 08кп за 9 міс. дорівнювали: при захисті новим складом – 0,84 г/м<sup>2</sup>, при захисті базовим складом – 5,9 г/м<sup>2</sup>. Розрахунок за формулою (4.1) виконаний з використанням обґрунтованих даних:

$$\Phi_3 = (41 - 32,3)290 \cdot 5,9/0,84 \quad (4.2)$$

Для приводу навісного агрегату може бути застосований трактор Беларус-80, який, в основному, використовується на сільськогосподарських роботах. Тому амортизаційні відрахування при експлуатації трактора відносять на сільгосппродукцію, яку реалізують господарством.

У структурі експлуатаційних витрат на консервацію розкидачів враховуються тільки витрати на паливо, консерваційний склад, амортизацію агрегату і оплату праці:

$$I_H = Z_H t_H k_{H.3} + C_a \alpha_a \frac{V_1}{V_r} + V_1 C_H + q_{дт} t_H C_{дт}, \quad (4.3)$$

де  $Z_H$  – годинна оплата праці механізатора, зайнятого нанесенням інгібованого мазутного складу, грн./год.;

$t_{нан}$  – тривалість консервації 1 розкидачі, ч;

$k_{H.3}$  – коефіцієнт нарахувань на зарплату, грн.;

$C_a$  – балансова вартість агрегату, грн.;

$\alpha$  – коефіцієнт відрахувань на амортизацію та ремонт агрегату;

$V_1$  – витрата складу на 1 розкидач, л/шт.;

$V_2$  – річний обсяг нанесення складу, л/рік;

$C_H$  – вартість інгібованого мазутного складу, грн./л.;

$q_{дт}$  – годинна витрата дизельного палива при роботі трактора, л/год.;

$C_{дт}$  – ціна дизельного палива, грн./л.

Експлуатаційні витрати в розрахунку на 1 л нанесеного складу:

$$I_{H.уд} = \frac{I_H}{V_1} = \frac{1105}{9,3} = 118,8 \quad (4.4)$$

Експлуатаційні витрати на нанесення 1 л інгібованого мазутного складу при консервації техніки – 118,8 грн./л.

Таблиця 4.2 – Розрахунок експлуатаційних витрат при нанесенні інгібованого мазутного складу

Назва показника	Позначення	Значення показника
Годинна оплата праці механізатора, грн./год.	$Z_n$	120
Тривалість консервації 1 розкидача, год.	$t_{нан}$	1,5
Коефіцієнт нарахувань на заробітну плату	$k_{н.з}$	1,32
Балансова вартість агрегату, грн.	$Ц_a$	90000
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію та ремонт агрегату	$a$	0,15
Годинна витрата дизельного палива, л/год.	$q_{дт}$	3,2
Закупівельна ціна дизельного палива, станом на жовтень 2020 року, грн./л	$Ц_{дт}$	20
Витрата складу на 1 розкидач, л/шт.	$V_1$	9,3
Вартість мазутного складу, грн./л	$Ц_n$	32,3
Річний об'єм нанесення складу, л/рік	$V_2$	290

Сумарно, частки витрат на амортизацію агрегату і покупку дизельного палива для його роботи складають половину всіх витрат на консервацію розкидачів. При цьому слід врахувати, що завдяки пневматичному нанесенню консерваційного складу поліпшується якість захисту елементів розкидачів у важкодоступних місцях, кишенях, щілинах, стиках і зазорах.

Застосування інгібованого мазутного складу замість бензино-бітумного дає економію бензину в обсязі 200 л. Витрати на консервацію одного розкидача AMAZONE ZA-M900 з використанням інгібованого мазутного складу і агрегату УЛН-05 дорівнює 1,1 тис. грн. У структурі витрат на консервацію 39% припадає на амортизацію агрегату, 27% – на інгібований мазутний склад, 22% – на оплату праці і 12% – на покупку дизельного палива.

## Висновки

Проведена екологічна експертиза свідчить, що запропонований технологічний процес, що визначає протикорозійний захист, режими нагрівання та нанесення інгібованого мазутного складу при консервації тукорозкидних машин є безпечним для навколишнього середовища.

Виконано аналіз умов виникнення і розвитку травм і аварій, для їх усунення запропоновані наступні заходи: встановлення захисних щитків, блокуючих приладів, заземлення при роботі з металообробними верстатами, використання спецодягу для приготування технологічних розчинів, проведення регулярних інструктажів з техніки безпеки.

Застосування інгібованого мазутного складу замість бензино-бітумного дає економію бензину в обсязі 200 л. Витрати на консервацію одного розкидача AMAZONE ZA-M900 з використанням інгібованого мазутного складу і агрегату УЛН-05 дорівнює 1,1 тис. грн. У структурі витрат на консервацію 39% припадає на амортизацію агрегату, 27% – на інгібований мазутний склад, 22% – на оплату праці і 12% – на покупку дизельного палива.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз результатів досліджень по корозійних руйнуваннях тукорозкидальних машин підтверджує, що якісний захист шляхом нанесення консерваційних покриттів сприяє збереженню ресурсу машин і зниження до 6% витрат на ремонт. Для ефективної консервації тукорозкидальних необхідний атмосферостійкий склад і мобільний технічний засіб для його нанесення в умовах зниженої температури.

2. Інгібування мазуту присадкою емульгін (6%) поліпшило захисні властивості мазуту М100, забезпечивши зниження швидкості корозії металу до 4-х разів.

3. Річні втрати незахищеної сталі 08кп в умовах м. Полтава становлять 113 г/м<sup>2</sup>, при захисті бензино-бітумним складом річні втрати металу знижуються в 16 разів, а при захисті інгібованим мазутним складом – в 52 рази.

4. Застосування інгібованого мазутного складу замість бензино-бітумного дає економію бензину в обсязі 200 л. Витрати на консервацію одного розкидача AMAZONE ZA-M900 з використанням інгібованого мазутного складу і агрегату УЛН-05 дорівнює 1,1 тис. грн. У структурі витрат на консервацію 39% припадає на амортизацію агрегату, 27% – на інгібований мазутний склад, 22% – на оплату праці і 12% – на покупку дизельного палива.