

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: «ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОТИ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ
ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ»

Виконав: студент VI курсу групи Аін-61

Спеціальності 208 «Агроінженерія»
(шифр і назва)

Олексій ДМИТРІВ
(Прізвище та ініціали)

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

ДУБЛЯНИ 2024

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

к.т.н., доцент Шарибура А.О.
“ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

ДМИТРІВУ ОЛЕКСІЮ ПАВЛОВИЧУ

1. Тема роботи: «Підвищення довговічності роботи сільськогосподарської техніки за рахунок удосконалення технології нанесення лакофарбових покриттів»

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

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 10.01.2025 року

3. Вихідні дані до работ: довідкова література, каталоги, методики відновлення лакофарбових покриттів, технічні характеристики лакофарбових покриттів, інструкції з охорони праці.

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

4.1. Стан питання і завдання досліджень

4.2. Теоретичні основи вдосконалення технологічного процесу ремонтного фарбування сільськогосподарських машин

4.3. Програма та методика експериментальних досліджень

4.4. Результати експериментальних досліджень

4.5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Висновки і пропозиції

5. Перелік графічного ілюстраційного матеріалу:

Графічна частина до кваліфікаційної роботи оформляється у вигляді презентації.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4	<i>Березовецька О.Г., д.ф., в.о. доцента кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича</i>			
5	<i>Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва</i>			

7. Дата видачі завдання «13» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	<i>Стан питання та задачі досліджень</i>	<i>13.09.24-04.10.24</i>	
2	<i>Теоретичні основи вдосконалення технологічного процесу ремонтного фарбування сільськогосподарських машин</i>	<i>07.10.24-25.10.24</i>	
3	<i>Програма та методика експериментальних досліджень</i>	<i>28.10.24-15.11.24</i>	
4	<i>Результати експериментальних досліджень</i>	<i>18.11.24-06.12.24</i>	
5	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>09.12.24-20.12.24</i>	
6	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>23.12.24-27.12.24</i>	
7	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>30.12.24-10.01.25</i>	

Студент _____ Олексій ДМИТРІВ
(підпис)

Керівник роботи _____ Оксана БЕРЕЗОВЕЦЬКА
(підпис)

УДК 631.372:620.197.6

Підвищення довговічності роботи сільськогосподарської техніки за рахунок удосконалення технології нанесення лакофарбових покриттів. Дмитрів Олексій Павлович. Кафедра експлуатації та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича. Дубляни, Львівський НУП. 2024.

64 с. текст. част., 23 рис., 5 табл., 22 літературних джерел.

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню довговічності сільськогосподарської техніки шляхом удосконалення технології нанесення лакофарбових покриттів. Сучасні умови експлуатації сільськогосподарської техніки висувають високі вимоги до захисту поверхонь від корозії, механічних пошкоджень та агресивного впливу навколишнього середовища.

Проведено аналіз сучасних лакофарбових матеріалів та технологій їх нанесення, а також визначено основні фактори, що впливають на довговічність покриттів.

Результати експериментальних досліджень підтвердили ефективність запропонованих технологій у забезпеченні високих експлуатаційних характеристик лакофарбових покриттів. Визначено, що вдосконалені методи нанесення сприяють підвищенню адгезії, зносостійкості та стійкості покриттів до атмосферних впливів.

Отримані дані мають практичне значення для підприємств, які займаються виробництвом та обслуговуванням сільськогосподарської техніки. Використання розроблених технологій дозволяє збільшити строк служби техніки, скоротити витрати на ремонт і обслуговування та покращити економічну ефективність аграрного виробництва.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
1.1 Значення лакофарбових покриттів для сільськогосподарської техніки.....	9
1.2 Характеристика ЛФМ, їх визначення та класифікація.....	9
1.3. Структура лакофарбового покриття.....	11
1.4. Історія виникнення ЛФМ для використання у сільському господарстві.....	13
1.5. Сучасні лакофарбові матеріали	14
1.6. Аналіз сучасних технологій нанесення ЛФП.....	17
1.7. Дослідження лакофарбового покриття для забезпечення надійності сільськогосподарської техніки.....	18
Висновки до розділу 1	22
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТНОГО ФАРБУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН.....	24
2.1 Дослідження процесів тертя і зношування.....	24
2.2 Теоретичне обґрунтування параметрів коефіцієнта тертя ковзання для пари "ЛФП – рослинна маса".	29
2.3 Визначення інтенсивності зношування ЛФП робочих поверхонь жатки зернозбирального комбайна.....	31
2.4 Знос ЛФП при терті поверхні жатки з рослинною масою.	32
Висновки до розділу 2	35
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	36
3.1 Випробування лакофарбових покриттів та методика проведення.....	36
3.2 Підготовка концентратів та розчинів для фосфатування.....	37
3.3 Визначення загальної і вільної кислотності	38

3.4 Підготовка зразків до нанесення фосфатного покриття	38
Висновки до розділу 3	46
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	47
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	54
5.1. Охорона праці під час роботи з обладнанням для роботи з лакофарбовими покриттями.....	54
5.2. Засоби індивідуального захисту.	55
5.3. Основи фізіології, гігієни праці та виробничої санітарії.	57
5.4. Основні вимоги до виробничих будівель та споруд.....	58
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63

ВСТУП

Сучасні умови експлуатації сільськогосподарської техніки висувають високі вимоги до якості її захисту від корозії, механічних пошкоджень і впливу агресивного навколишнього середовища. Лакофарбові покриття відіграють важливу роль у забезпеченні довговічності та надійності роботи техніки, особливо за умов інтенсивного використання в сільському господарстві. Удосконалення технологій нанесення лакофарбових матеріалів є важливим кроком до продовження терміну служби машин та агрегатів і зниження витрат на їх обслуговування та ремонт.

Зростання конкуренції серед виробників лакофарбових матеріалів стимулює постійне вдосконалення їх властивостей і технологій нанесення. Для забезпечення довговічності покриттів необхідно враховувати такі характеристики, як адгезія, стійкість до атмосферних впливів, хімічна інертність, механічна міцність і естетичність поверхні.

Сільськогосподарська техніка (СГТ) експлуатується в умовах постійного впливу абразивних частинок ґрунту, добрив, води та інших агресивних чинників. З часом ці фактори призводять до руйнування верхнього шару лакофарбового покриття, що знижує ефективність техніки та прискорює процеси корозії. Для мінімізації цих впливів важливо впроваджувати новітні технології нанесення покриттів, які забезпечують не лише захисні, але й естетичні властивості поверхні.

Поліпшення лакофарбових покриттів для сільськогосподарської техніки дозволяє значно підвищити їхню стійкість до зовнішніх факторів, продовжує термін служби обладнання та знижує експлуатаційні витрати. Саме тому дослідження у цьому напрямі є актуальними та мають вагомое практичне значення для агроінженерії.

Мета і задачі дослідження є підвищення довговічності роботи сільськогосподарської техніки шляхом удосконалення механічної технології нанесення ЛФ покриттів, що забезпечить надійний захист поверхонь від корозії, механічних пошкоджень та інших впливів, характерних для умов експлуатації в аграрному секторі.

Для досягнення мети поставлено такі задачі:

- провести аналіз сучасних лакофарбових матеріалів та технологій нанесення покриттів, які використовуються у виробництві сільськогосподарської техніки;
- виявити основні фактори, що впливають на зносостійкість і довговічність лакофарбових покриттів у специфічних умовах експлуатації;
- розробити та обґрунтувати удосконалені технологічні процеси нанесення лакофарбових покриттів;
- провести експериментальні дослідження властивостей удосконалених покриттів з урахуванням їх експлуатаційних характеристик;
- оцінити ефективність запропонованих рішень з точки зору підвищення довговічності техніки, зниження витрат на ремонт і обслуговування, а також економічної доцільності впровадження.

Об'єктом дослідження є процес нанесення ЛФ покриття, для сільськогосподарської техніки, який застосовують у виробництві та ремонті.

Предметом дослідження є методи та технологічні підходи для нанесення ЛФ покриття, спрямовані на підвищення довговічності сільськогосподарської техніки в умовах її експлуатації.

Методи дослідження базуються на використанні загальнонаукових принципів, аналізів, із аналітичною хімією, прикладною фізикою, трибологією і механікою. Обробка експериментальних результатів здійснювалась з допомогою спеціалізованих прикладних програмних засобів.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Значення лакофарбових покриттів для сільськогосподарської техніки

Сучасна сільськогосподарська техніка експлуатується в умовах значних механічних, хімічних та кліматичних впливів. Тривалий вплив вологи, температурних перепадів, сонячного випромінювання, а також агресивних речовин, таких як добрива та пестициди, може призводити до корозії та механічного зносу металевих деталей. Лакофарбові покриття (ЛФП) виконують дві основні функції: захист металу від корозії та забезпечення естетичного вигляду поверхонь [1, 2].

Важливо, що якісні ЛФП здатні значно подовжити термін служби сільськогосподарської техніки та знизити витрати на її обслуговування. Однак для досягнення таких результатів необхідно удосконалити технологію нанесення ЛФП, що включає вибір матеріалів, підготовку поверхні та оптимізацію процесу нанесення [3].

1.2 Характеристика ЛФМ, їх визначення та класифікація

Лакофарбові матеріали (ЛФМ) – це хімічні сполуки або суміші, які застосовуються для створення покриттів на різних поверхнях. Їх основне призначення полягає у захисті поверхонь від впливу зовнішнього середовища, наданні декоративних властивостей та виконанні спеціальних технічних функцій, таких як ізоляція, корозійна стійкість чи відбивання світла. Основу ЛФМ складають плівкоутворювальні речовини, які після висихання утворюють тверду плівку на поверхні. До складу також можуть входити розчинники, наповнювачі, пігменти, модифікатори та інші добавки [4].

Характеристики лакофарбових матеріалів включають механічну міцність, адгезію, стійкість до зовнішніх впливів, еластичність, декоративні властивості, термічну та хімічну стійкість, а також екологічну безпечність. Механічна міцність визначає здатність покриття протистояти стиранню або удару, а адгезія характеризує зчеплення матеріалу з основою. Важливим показником є стійкість до вологи, ультрафіолетового випромінювання та агресивних середовищ. Еластичність дозволяє покриттю деформуватися разом із основою, не утворюючи тріщин. Декоративні властивості включають блиск, колір та текстуру поверхні. Термічна та хімічна стійкість визначають здатність матеріалу витримувати високі температури та вплив хімічних речовин. Екологічна безпечність важлива для забезпечення мінімального впливу на здоров'я людей та навколишнє середовище.

Класифікація лакофарбових матеріалів здійснюється за різними критеріями. За призначенням вони поділяються на захисні, декоративні та функціональні. Захисні матеріали забезпечують антикорозійний захист, термостійкість чи водовідштовхувальні властивості. Декоративні матеріали, такі як лаки, емалі та фарби, використовуються для покращення зовнішнього вигляду поверхонь. Функціональні матеріали виконують ізоляційні чи світловідбивні функції [5].

За типом плівкоутворювальної речовини ЛФМ поділяються на масляні, полімерні та водорозчинні. Масляні матеріали базуються на оліях і алкідах, полімерні містять акрилові, епоксидні чи поліуретанові смоли, а водорозчинні виготовляються на основі акрилатів або латексів. За видом покриття вони класифікуються як лаки (прозорі покриття), емалі (пігментовані блискучі покриття) та фарби (пігментовані покриття різного типу) [15].

За способом висихання ЛФМ поділяються на матеріали, що висихають фізичним шляхом (випаровування розчинника), та ті, що затвердівають хімічно (внаслідок полімеризації чи інших хімічних реакцій). За умовами застосування

розрізняють матеріали для зовнішніх робіт, які стійкі до атмосферних впливів, та для внутрішніх робіт, що мають низький вміст шкідливих речовин.

Таким чином, лакофарбові матеріали є універсальними засобами для захисту, декорування та надання спеціальних властивостей поверхням. Їх правильний вибір забезпечує довговічність виробів, збереження їх функціональності та привабливого вигляду.

Для сільськогосподарської техніки часто використовують багат шарові системи покриттів, що включають: ґрунтовку (забезпечує адгезію та захист від корозії); проміжний шар (вирівнює поверхню та підвищує захисні властивості); і фінішне покриття (додає естетичного вигляду та додатково захищає від механічних та кліматичних впливів) [2, 4].

1.3. Структура лакофарбового покриття

Процес фарбування є важливим захистом транспортних засобів а особливо сільськогосподарських машин, які мають інтенсивніший вплив всіх факторів для утворення корозії, природніх умов. ЛФП надає також як з переваг і естетичний вигляд. Захисна функція ЛФП полягає у створенні на поверхні металу суцільної плівки, яка є ізолятором впливу навколишнього середовища, перешкоджає проникненню агресивних речовин до металевої поверхні, тим самим забезпечуючи її захист від корозій. ЛФП обумовлені такими факторами, як адгезія плівки, її суцільність покриття, здатність ЛФП забезпечувати ефективний захист від природньо кліматичних умов. Процес фарбування СГТ, або підфарбовування, є важливою складовою ремонтного процесу, займаючи близько 10% трудовитрат. Пояснюється складністю багатокomпонентних ЛФ систем, які включають різні складники і системні процеси для нанесення ЛФП, починаючи від зачистки, нанесення необхідного шару ґрунтовки, шпаклівки, оздоблення, усуваючи

проміжні шари, і т.д. кожен процес з яких має унікальну технологію нанесення-висихання [1-5].

Згідно з вимогами стандарту сьогодення, до основних видів готових ЛФМ належать: прозорі і матові лаки; колористика фарб, порошкові фарби, емалі, ґрунтовки, шпаклівки, пасти після фінішного ЛФП. Структура ЛФП передбачає поетапний процес фарбування, який включає такі етапи [3]:

- попередня підготовка поверхні металу;
- нанесення ґрунтовки;
- шпаклювання;
- застосування проміжного шару;
- нанесення оздоблювального шару.

В свою чергу, щодо попередньої підготовки поверхні і сам процес фарбування має захисну властивість металу, а оздоблювальний шар також є важливим доповненням. Кожен етап вимагає використання спеціалізованих матеріалів, розроблених для конкретних цілей (рис. 1.1).



Рис. 1.1 - Структура лакофарбового покриття

Більшість виробників ЛФМ, що спеціалізуються на ремонтному фарбуванні, пропонують повноцінні серії, насичені цілою лінією різновидності продукції системи, які включають всі необхідні компоненти для відновлення ЛФП: ґрунтовки, шпаклівки, базова емаль, лаки, розчинники та затверджувачі. Рекомендують для досягнення найкращого результату використовувати матеріали,

які належать до однієї й тієї ж серії, тобто цілісної системи під час ремонтного фарбування, та всі пропозиції потребують досліджень і випробувань.

1.4. Історія виникнення ЛФМ для використання у сільському господарстві

Сучасний етап розвитку характеризується впровадженням водорозчинних, екологічно безпечних ЛФМ, порошкових фарб і наноматеріалів. Особлива увага приділяється вдосконаленню технологій нанесення, таких як електроосадження, напилення та ультрафіолетове затвердіння, що підвищують якість покриттів та скорочують витрати ресурсів.

ЛФМ можна класифікувати: за призначенням: захисні, декоративні, спеціального призначення; за складом: органічні, водорозчинні, порошкові; методом нанесення: пензлем, валиком, розпиленням, електроосадженням; за хімічними властивостями: термопластичні, термореактивні [2].

Подальший розвиток ЛФМ спрямований на використання екологічно безпечних компонентів, застосування нанотехнологій для створення покриттів із високою стійкістю до зовнішніх впливів; розробку інтелектуальних покриттів, здатних до самовідновлення після пошкоджень; автоматизацію та роботизацію процесів нанесення для підвищення ефективності та якості покриттів. ЛФМ є важливим елементом у забезпеченні довговічності та естетичного вигляду сільськогосподарської техніки, що робить їх дослідження і вдосконалення надзвичайно актуальними. ЛФМ, що використовуються у сільському господарстві в контексті агроінженерії пройшли значний еволюційний шлях, поступово удосконалюючись та адаптуючись до вимог сьогодення. ЛФМ, застосовувані в сільськогосподарській техніці, розвивалися паралельно з потребами агроінженерії, що вимагала підвищення стійкості покриттів до

агресивного середовища, механічних навантажень та погодних умов. Основні етапи еволюції включають [4, 5]:

Початковий етап: використання натуральних матеріалів, таких як оліфи та природні пігменти. Ці покриття забезпечували базовий захист, але мали низьку довговічність.

Перехід до синтетичних покриттів: впровадження алкідних та акрилових фарб, які підвищили стійкість до ультрафіолетового випромінювання та вологості, що є критичними для агротехніки.

Розробка антикорозійних систем: з'явилися багатокомпонентні системи з ґрунтовками та емалями, які забезпечували тривалий захист від корозії та хімічного впливу, зокрема, добрив і пестицидів.

Використання порошкових покриттів: порошкові матеріали без розчинників стали популярними завдяки екологічності, економічності та високій стійкості до механічних пошкоджень.

Кожен етап розвитку відповідав вимогам часу, сприяючи підвищенню ефективності та довговічності сільськогосподарської техніки. Агроінженерія продовжує вдосконалювати лакофарбові матеріали з метою відповідності сучасним екологічним стандартам і забезпечення надійного захисту в умовах інтенсивної експлуатації.

1.5. Сучасні лакофарбові матеріали

Основою будь-якого ЛФП є ґрунтувальні шари, від них вимагається виконання кількох важливих функцій: забезпечувати антикорозійний захист металевій поверхні та слугувати надійною основою з гарною адгезією для подальших шарів ЛФМ; він повинен виконувати амортизаційну функцію, поглинаючи кінетичну енергію дрібних частинок, що потрапляють на поверхню

під час експлуатації СГТ. Також ґрунт заповнює пори та вирівнює незначні нерівності поверхні [4, 12].

Для створення якісного ґрунтувального шару використовують два різновиди: первинний–праймери і вторинний – наповнювачі.

Базові шари сучасних ЛФМ мають понад 20 тисячах відтінків. Вони створюються з трьох основних компонентів: пігментної пасти, водної дисперсії смоли з добавками та коригувальної основи з реологічними компонентами. Ці складники після змішування формують стабільну дисперсію. Як плівкоутворювачі використовуються полімери, що забезпечують високу ефективність змочування та подрібнення пігментів [9, 12].

Стосовно інноваційних технологій [12], то поряд із традиційними двокомпонентними лаками з високим сухим залишком, активно досліджуються та впроваджуються лаки ультрафіолетового затвердіння для ремонтного фарбування.

Хоча перед нанесенням такий лак потрібно змішати із затверджувачем, полімеризація не починається автоматично. Затвердіння відбувається лише після ультрафіолетового опромінення нанесеного шару лаку. Ультрафіолетова лампа активує затверджувач у складі лаку, після чого процес полімеризації триває за температури 20°C і завершується всього за 6 хвилин.

Базові емалі, які містять найбільше розчинників, стали першими об'єктами для вдосконалення. Це вимагало значних змін у складі смол, пігментів і добавок. Оскільки вода має зовсім інші фізико-хімічні властивості, ніж органічні розчинники, її не можна використовувати для розчинення смол - розчини стають мутними замість прозорих. Тому для виробництва водорозчинних ЛФМ смоли перетворюють на емульсії - дисперсії дрібних (субмікро– та нанорозмірних) частинок у воді [10].

Вода виконує роль дисперсійного середовища, знижуючи в'язкість. Основна вимога до таких матеріалів - температура їх використання не повинна опускатися

нижче $+5^{\circ}\text{C}$. Проблема морозостійкості залишається актуальною, але концерн *BASF* досяг значного успіху з водорозчинними матеріалами серії *ONYX HD*. У цих продуктах кольорові компоненти не містять води, тому стійкі до заморожування і при розморожуванні зберігають свої властивості. Лише біндери розчинники можуть розшаруватися після розморожування [14, 16].

Переваги водорозчинних ЛФМ, у порівнянні з органорозчинними матеріалами, мають такі переваги: простота нанесення, відмінна покривність завдяки високій концентрації пігментів; практично повна відсутність смуг, характерних для багатьох органорозчинних базових фарб.

Ці матеріали не вимагають кардинальної зміни технологій ремонту чи спеціального обладнання, оскільки їх було розроблено з урахуванням збереження існуючих процесів.

Перспективним напрямом у лакофарбовій галузі є використання порошкових фарб низькотемпературного затвердіння, що тверднуть при низьких температурах. Їх поділяють на дві основні групи: термопластичні і термореактивні

Термопластичні фарби, формують покриття без хімічних реакцій, переважно шляхом сплавлення частинок під час нагрівання, після чого розплав твердіє при охолодженні. Отримані плівки залишаються термопластичними, розчинними, а їхній склад відповідає складу вихідного матеріалу.

Термореактивні фарби, утворюють покриття завдяки сплавленню частинок і хімічним реакціям у розплавленому матеріалі. Такі покриття є незворотними, не плавляться та не розчиняються [15].

Впровадження технології порошкового ґрунтування бере початок від Японської компанії *Honda*, яка стала одним із передовиків у застосуванні порошкових матеріалів для ґрунтування машин. Процес фарбування відбувається інверсійним способом і включає кілька етапів: підготовка поверхні, нанесення порошкової фарби для ґрунтування, затвердіння порошкового покриття, нанесення

рідкої ґрунтовки методом електроосадження; сушка; проміжне шліфування; нанесення верхнього шару рідкого ЛФМ методом електростатичного напилення; затвердіння верхнього шару.

Ця технологія забезпечує високу якість покриття, стійкість до механічних пошкоджень та екологічність процесу фарбування.

1.6. Аналіз сучасних технологій нанесення ЛФП

Сучасні технології нанесення ЛФП включають:

Електроосадження - забезпечує рівномірне нанесення ґрунтовки з високою адгезією;

Пневматичне напилення - широко використовується для нанесення базових шарів фарби та фінішних лаків;

Порошкове покриття - економічний та екологічно безпечний метод нанесення для деталей.

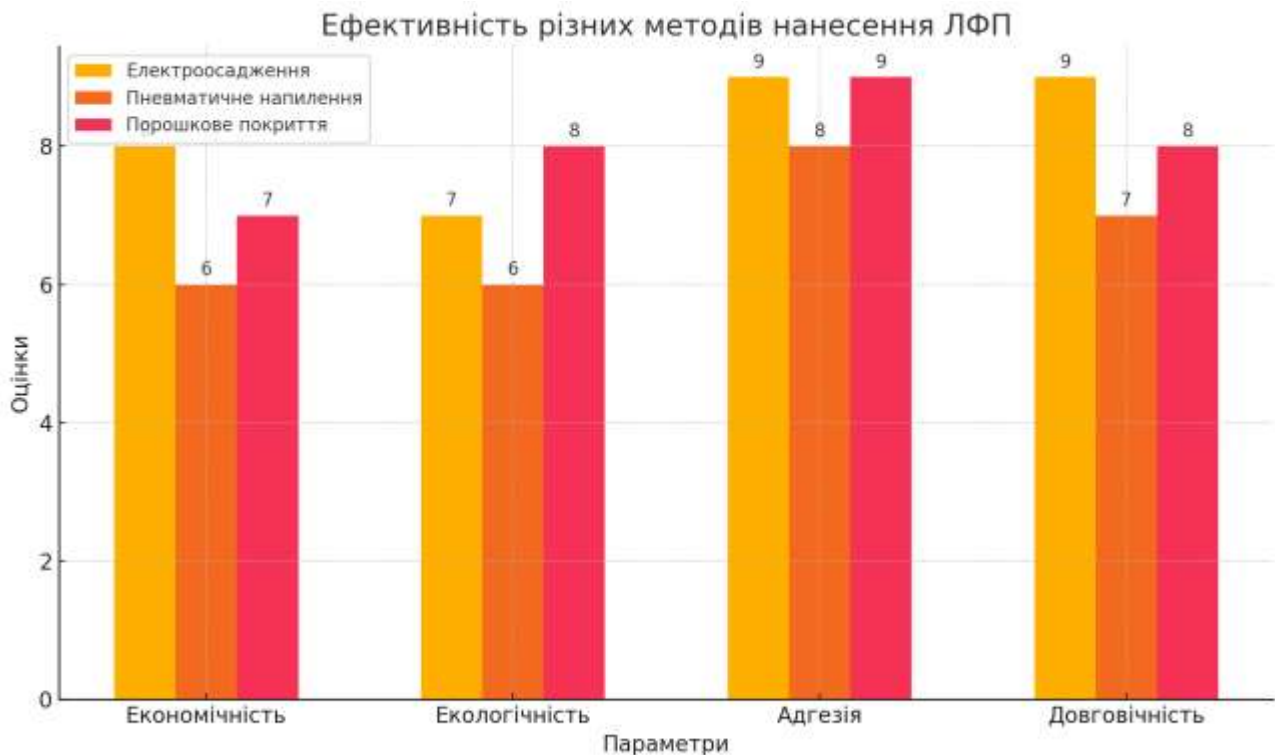


Рис. 1.2 - Графік ефективності різних методів нанесення ЛФП.

Графік (рис. 1.2) демонструє порівняння трьох основних методів нанесення лакофарбових покриттів.

Адгезія (властивість прилипання) забезпечується найкраще і електроосадженням, через рівномірний розподіл ґрунтовки по всій поверхні; і також порошкове покриття: демонструє високу адгезію через фізико-хімічну взаємодію під час термообробки; а у пневматичному напиленні: адгезія залежить від підготовки поверхні та технічних параметрів процесу [17].

Довговічність найбільшою досягається електроосадженням: завдяки рівномірному нанесенню ґрунтовки; порошкове покриття забезпечується середнім довговічним покриттям, стійким до механічного пошкодження і атмосферного впливу, а у пневматичному напиленні: довговічність залежить від товщини шару та його рівномірності.

Порошкове покриття є найефективнішим методом за більшістю параметрів, але для деталей складної форми перевага надається електроосадженню.

1.7. Дослідження лакофарбового покриття для забезпечення надійності сільськогосподарської техніки

Досліджуючи лакофарбові матеріали і покриття, досліджуємо на підвищення надійності сільськогосподарської техніки, перебуваючи у стадії розвитку своїх теоретичних основ. Ці основи формуються на перетині сільськогосподарських та природничо-наукових дисциплін, що зумовлює міждисциплінарний підхід до вирішення цього завдання.

Основні властивості лакофарбових покриттів, які впливають на їх ефективність, формуються як на стадії виробництва лакофарбових матеріалів, так і під час технологічного процесу їх нанесення на поверхні сільськогосподарської техніки.

Формування властивостей лакофарбових покриттів сільськогосподарської техніки можна проілюструвати на прикладі системного підходу, представленого на рис. 1.3.

Як видно з рисунка, основними джерелами, що визначають якість лакофарбових покриттів, є природа походження та тип лакофарбових матеріалів (їх вид, марка, склад), а також технологічні процеси нанесення покриттів, зокрема метод нанесення, режими сушіння та обробки. Сукупність цих чинників формує систему покриття, яка забезпечує захист техніки від корозії, механічного зносу та інших впливів під час експлуатації.

Такий підхід є ключовим для створення технологій нанесення лакофарбових покриттів, що відповідають вимогам агроінженерії та технічного сервісу, сприяючи збільшенню довговічності та надійності сільськогосподарської техніки.

Рис. 1.3 - Властивості ЛФП

Характеристики лакофарбових матеріалів (ЛФМ), які проявляються у властивостях лакофарбових покриттів (ЛФП) сільськогосподарської техніки, обумовлюються складом їх компонентів та технологічними процесами виготовлення матеріалу.

На властивості ЛФП впливають різноманітні внутрішні та зовнішні чинники протягом усього періоду експлуатації техніки. У процесі використання покриття змінює свої початкові характеристики, а також формує нові властивості, які залежать від умов експлуатації, природи матеріалу та його агрегатного стану.

Серед основних факторів, що негативно впливають на стан ЛФП, виділяють абразивну дію частинок середовища, такі як пісок, пил, підвищена вологість, а також умови експлуатації та догляду, зокрема зберігання, миття та механічне очищення. Ці чинники часто стають причиною утворення подряпин і механічних пошкоджень поверхні покриття.

Старіння ЛФП в атмосферних умовах супроводжується хімічним процесом структуроутворення, що призводить до виникнення структурності і неоднорідної поверхні, відшарування, та змін у надмолекулярній структурі полімеру. Ці процеси безпосередньо впливають на довговічність покриттів і, відповідно, на термін служби сільськогосподарської техніки.

В процесі дослідження лакофарбових матеріалів та покриттів їхні характеристики можуть як сприяти, так і ускладнювати вирішення поставлених завдань. Важливим аспектом є момент формування цих характеристик та їхній вплив на поставлену задачу.

Проміжними об'єктами у дослідженні ЛФП є джерело виготовлення виробу з нанесеним покриттям, що описується через технологічні особливості фарбування та використання сучасних ЛФМ, рецептурні ознаки ЛФМ, а також обсяги та склад матеріалів, застосованих у процесі нанесення, спосіб і дотримання умов застосування необхідного процесу.

Такий підхід дозволяє деталізувати класифікацію ознак, рецептури, склад, забезпечуючи комплексний аналіз властивостей ЛФМ та ЛФП, що використовується в технічному сервісі сільськогосподарської техніки.

Основні цільові формування властивостей лакофарбових покриттів базуються на закономірності ЛФП і матеріалів закладаються на стадії їх виготовлення та визначаються за призначенням. Наприклад, тришарова система ЛФП, нанесена в заводських умовах із використанням матеріалів певного складу, є характерною ознакою покриттів, застосовуваних у сільськогосподарській техніці. Вміст з'єднувальних компонентів, пігментів і наповнювачів є типовою властивістю лакофарбових матеріалів. До закономірних змін також відносяться процеси, що виникають під впливом природних факторів: для ЛФП це вивітрювання або втрата блиску, а для ЛФМ - утворення деструкції продуктів даної речовини, яка призначена для фарбування, а саме процес руйнування структур біологічних матеріалів внаслідок деструктату, де ще деякі складові залишаються незруйнованими.

Особливу роль у вирішенні задач ідентифікації, відіграє ознака випадкових походжень. Такі ознаки дозволяють ідентифікувати матеріали або покриття на основі унікальних властивостей, що виникають під дією непередбачуваних факторів. Ці особливості можуть формуватися як на етапі виготовлення, так і під час експлуатації. Випадкові фактори впливають на покриття не лише в умовах дрібного, доморобного виробництва, але й у процесі заводського виготовлення.

Наприклад, технологічні умови виготовлення лакофарбових матеріалів іноді допускають заміну сировинних компонентів іншими, навіть не зазначеними в рецептурі. Також можуть мати місце відхилення від режимів нанесення або сушіння покриттів, що призводить до дефектів, таких як плями, шагрень (утворена апельсинова кірка після висихання, в домашніх умовах її зачищають 2000-м наждачним папером з водою, але для ідеального покриття необхідно повністю її позбутись з розчинником); спливання пігменту, а також слідів їхнього усунення, наприклад, локального перефарбування.

Рельєф або мікрорельєф пофарбованих поверхонь предмета, утворений під час нанесення покриття, також може носити випадковий характер. Під час експлуатації техніки на поверхні покриттів з'являються різноманітні випадкові ознаки: корозійних осередків чи сторонніх нашарувань, подряпин, вм'ятин. Ці характеристики дозволяють провести детальний аналіз технічного стану сільськогосподарської техніки та виявити особливості використаних матеріалів і технологій.

Здатність об'єкта зберігати протягом певного часу властивості, достатні для ідентифікації, пов'язана з поняттям ідентифікаційного періоду. Чим стійкіші характеристики об'єкта до впливу зовнішніх факторів чи навмисних змін, тим вища ймовірність його ідентифікації.

ЛФП сільськогосподарської техніки та затверділі частинки ЛФМ, мають високу стійкість до дії природних факторів і часто зберігають свої властивості навіть у разі спроб їх змінити. Наприклад, на перефарбованих поверхнях сільськогосподарської техніки зазвичай можна виявити сліди первісного покриття, що значно полегшує процес ідентифікації.

Висновки до розділу 1

Під час експлуатації сільськогосподарської техніки проводились дослідження у контексті підвищення надійності ЛФП. Дослідження с.-г. техніки, показало, що одним із факторів довговічності покриттів і передчасного руйнування ЛФП є їхня механічна стійкість до впливу внутрішнього напруження. Проаналізувавши дані експлуатації техніки підтвердилось, що товщина покриття впливає на зносостійкість.

Також встановлено, що ЛФП зберігають свої первинні властивості навіть за умов значного впливу зовнішніх факторів або навмисних змін. Це забезпечує

тривалий ідентифікаційний період покриття, що важливо для технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки.

Аналіз сучасних технологій нанесення ЛФП показав, що для підвищення довговічності сільськогосподарської техніки необхідно оптимізувати процеси фарбування та впроваджувати екологічно безпечні матеріали. Розвиток технологій, таких як порошкові фарби, дозволить значно покращити якість покриттів та скоротити витрати на обслуговування техніки.

Таким чином, визначення заходів для зменшення внутрішніх напружень у покриттях, оптимізація їхньої товщини та вдосконалення технології нанесення є актуальними завданнями, вирішення яких сприятиме підвищенню довговічності сільськогосподарської техніки в умовах інтенсивної експлуатації.

Результати таких досліджень дозволять визначити ефективні заходи для підвищення довговічності ЛФП і, відповідно, надійності техніки в умовах експлуатації.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТНОГО ФАРБУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

2.1 Дослідження процесів тертя і зношування

Аналіз умов експлуатації робочих органів сільськогосподарських машин показує, що знос ЛФП значною мірою зумовлений дією сил тертя. У зв'язку з цим важливо дослідити теорію тертя та зношування для визначення закономірностей зносу ЛФП. Для цього розглядаються робочі поверхні жаток зернозбиральних комбайнів з метою ідентифікації факторів, що впливають на інтенсивність зносу покриття.

Характеризуючи процеси тертя та зношування, можна визначити, що на їх перебіг впливають такі чинники: вхідні параметри, які можна задавати, а саме температура, навантаження, швидкість переміщення контактуючих поверхонь внутрішні фактори, що виникають безпосередньо під час взаємодії поверхонь, які складно контролювати в процесі тертя (виділення тепла, зміна шорсткості та структури поверхонь); вихідні параметри, які можна зафіксувати в результаті взаємодії (сила тертя, інтенсивність зношування); тип тертя (зовнішні та внутрішні) та вид зношування під час безпосередньо тертя.

Зовнішнє тертя виникає при опорі переміщення між двома тілами у зонах контакту їхніх поверхонь, дотичних одна до одної.

Внутрішнє тертя пов'язане з опором переміщенню частинок у межах одного тіла.

В умовах експлуатації жаток зернозбиральних комбайнів зовнішнє тертя виникає в зоні контакту пари "ЛФП – рослинна маса". Зовнішнє тертя можна класифікувати за такими ознаками: наявністю відносного руху; характером відносного руху; застосуванням мастильного матеріалу (рис. 2.1).

Рис. 2.1 – Схема класифікації видів зовнішнього тертя

Згідно з рис. 2.1, у парі "ЛФП – рослинна маса" процес тертя характеризується такими умовами: за наявності відносного руху - тертя руху; за характером відносного руху - тертя ковзання; за наявністю мастильного матеріалу - сухе тертя.

Основною характеристикою для кількісної оцінки тертя є сила тертя F , яка визначається взаємодією поверхонь у зоні фактичного контакту з площею S .

У загальному випадку сила тертя залежить від таких параметрів зовнішнього тертя:

$$F = f(P, V; T; t; \mu), \quad (2.1)$$

де P - тиск, Па; V - швидкість ковзання, м/с; T - температура, °С; t - час контакту, с; μ - коефіцієнт тертя.

На практиці часто використовується питома номінальна сила тертя f , що визначається відношенням

$$f = F/S_H, \quad (2.2)$$

де F - сила тертя, Н;

S_H - площа номінального геометричного контакту, см².

Поширеною характеристикою є також коефіцієнт тертя μ , який за визначенням дорівнює:

$$\mu = F/N, \quad (2.3)$$

де N - нормальна навантаження, Н.

Разом із питомою силою тертя f , (2.2) використовують також тиск або питомого нормального навантаження P .

$$P = N/S_H \quad (2.4)$$

Перераховані вище характеристики тертя враховуються в теорії зносу і можуть бути використані при розрахунку інтенсивності зношування. Таким чином, проглядається безпосередній зв'язок між теорією тертя і зносу

В процесі тертя відбувається зношування, що виявляється в поступовій зміні розмірів або форми тіла. Він також може бути охарактеризований наступними величинами (критеріями).

Масова інтенсивність зношування:

$$I_q = \frac{G_m}{L} \quad (2.5)$$

де G_m - маса зношеного матеріалу, г;

L - шлях тертя, см;

Лінійна інтенсивність зношування:

$$I_h = h/L \quad (2.6)$$

де h - товщина шару, знятого з площі фактичного контакту при її одноразовому відтворенні, см;

Енергетична інтенсивність зношувань:

$$I_w = V/A \quad (2.7)$$

де V - об'єм зношеного матеріалу, см³;

A - робота тертя, Дж.

Крім того, інтенсивність зношування характеризується питомими характеристиками:

Питомий масовий знос:

$$i_q = G_m / Sl \quad (2.8)$$

де S - площа фактичного контакту, см^2 ;

l - шлях тертя, що дорівнює діаметру плями торкання, см ;

Питомий лінійний знос:

$$i_h = V_l / Sd \quad (2.9)$$

де V_l - об'єм відокремленої речовини при переміщенні на довжину, рівну діаметру плями контакту, см^3 ;

d - діаметр одиничної плями контакту, см .

Інтенсивність зношувань визначається як відношення величини зносу до пройденого шляху, на якому відбувається зношування, або до обсягу виконаної роботи. Взаємозв'язок між критеріями зносу, фізико-механічними властивостями матеріалів і зовнішніми параметрами зумовлюється механізмом зношування. Для розрахунку інтенсивності зношування потрібно враховувати контакт, який виникає в процесі тертя, та тип зношування.

Крагельський І.В. [6], засновник теорії зовнішнього тертя і зношування, запропонував класифікацію контактів, які виникають під час тертя: пружний контакт, пластичний контакт, мікрорізання, адгезійна взаємодія, когезійний відрив. Тип контакту визначається властивостями матеріалів, що взаємодіють.

Пружний контакт виникає, коли виступи контр-тіла відтискають матеріал без перевищення межі текучості. У цьому випадку напруження в зоні контакту не

призводять до залишкових деформацій. Зношування в такому контакті можливе через фрикційну втому, яка виникає при багаторазовому навантаженні.

Пластичний контакт характеризується появою залишкової деформації, яка виникає при досягненні напружень, що дорівнюють межі текучості. Матеріал у цьому випадку обтікає виступи контртіла. Зношування є наслідком мало циклової фрикційної втоми, де кількість циклів до руйнування основи є порівняно малою.

Мікрорізання виникає тоді, коли контактні напруги або деформації досягають критичних значень, за яких матеріал не здатний обтікати виступи і відбувається руйнування. У цьому випадку руйнування матеріалу трапляється вже під час перших актів взаємодії. Процес характеризується відокремленням частинок матеріалу основи та утворенням зношувальних частинок внаслідок одноразового навантаження.

Адгезійна взаємодія, яка порушує фрикційний зв'язок на поверхні контакту, сама по собі не викликає безпосереднього руйнування, але сприяє зростанню напружень і деформацій у зоні контакту, що своєю чергою, прискорює процеси втоми. У таких умовах відбувається прилипання плівок, що вкривають поверхні, а тертя і руйнування зв'язку виникають у межах товщини цих плівок.

Когезійний відрив виникає, при умові якщо міцність фрикційного зв'язку перевищує міцність матеріалу, що лежить нижче, внаслідок чого відбувається глибоке руйнування. Зношування в цьому випадку, як і при мікрорізанні, починається вже після перших взаємодій. Когезійне руйнування супроводжується захопленням поверхонь і глибоким вириванням матеріалу, що ускладнює нормальне функціонування з'єднань і призводить до пошкодження поверхонь тертя. Залежно від умов експлуатації, сільськогосподарських машин, можливі різні зношування однак найбільш поширеним для деталей є абразивний знос. Тобто, більшість деталей машини, особливо робочі органи, у процесі роботи контактують із матеріалами, що спричиняють абразивне зношування, такими як

ґрунт чи рослинна маса. У цих умовах виникає висока концентрація контактних напружень, і призводить до інтенсивного руйнування поверхневого шару (рис. 2.2)

Рис. 2.2 - Основні види зношування фрикційних пар.

Абразивне зношування переважає навіть за малої кількості абразивних частинок, оскільки рівень контактних напружень у цьому випадку значно вищий порівняно з іншими видами зношування [8].

Для визначення характеру зносу лакофарбового покриття поверхонь днища і шнека жаток зернозбиральних комбайнів необхідно розглянути особливості транспортування рослинної маси.

2.2 Теоретичне обґрунтування параметрів коефіцієнта тертя ковзання для пари "ЛФП – рослинна маса".

Нерівномірне зношування ЛФП жатки, робочих поверхонь спричиняє те, що рослинна маса рухається по ділянках із різними значеннями коефіцієнтів тертя

ковзання. Якщо розглядати переміщення рослинної маси по шести ділянках жатки з різними показниками коефіцієнтів тертя та тиску, то можна припустити, що значення цих параметрів для ділянок 1 і 6, 2 і 5, 3 і 4 будуть приблизно однаковими (рис. 2.3).

На рис. 2.3 зображені особливості функціонування окремих ділянок поверхні днища і шнека жатки комбайна. Відповідно, питома номінальна сила тертя f на цих ділянках буде відрізнятися.

Для першої ділянки:

$$f_1 = \mu_1 P_1, \quad (2.10)$$

де μ_1 - коефіцієнт тертя на першій ділянці;

P_1 - тиск на першій ділянці, Па.

Для подальших ділянок:

$$f_i = \mu_i P_i, \quad (2.11)$$

де μ_i - коефіцієнт тертя на i -ій ділянці;

P_i - тиск на i -ій ділянці, Па.

Переміщення рослинної маси по різних ділянках поверхневого днища і шнека жатки комбайна, які мають різні значення коефіцієнта тертя та тиску, створює додаткові опори, що ускладнюють подачу мас до похилої камери. Це

змушує комбайнерів змінювати режими роботи комбайна, так як виліт і оберти мотовила, швидкість руху, тощо, призводить до підвищених витрат.

Аналіз особливостей зношування ЛФП робочих поверхонь жатки зернозбирального комбайна дозволив виявити основні чинники, які впливають на цей процес. На основі отриманих даних планується розробити аналітичну модель для оцінки інтенсивності зношування ЛФП.

2.3 Визначення інтенсивності зношування ЛФП робочих поверхонь жатки зернозбирального комбайна

Інтенсивність зношування ЛФП робочих поверхонь жатки зернозбирального комбайна визначається відповідно до розробленої методики.

$$I_V = \frac{\Delta h}{V_{\text{роб.}}} , \quad (2.12)$$

де Δh - товщина зношеного ЛФП, мкм;

$V_{\text{роб}}$ - кількість рослинної маси, яка спричинила зношення ЛФП, т.

Оскільки інтенсивність зношування ЛФП на робочих поверхнях жатки відрізняється на різних ділянках, а саме покриття зношується нерівномірно (від країв до центру), розрахунок інтенсивності зношування для випадку з шістьма ділянками можна представити таким чином:

для першої ділянки:

$$I_{V1} = \frac{h_n - h_{k1}}{V_{\text{роб1}}} , \quad (2.13)$$

де h_n - початкова товщина лакофарбового покриття, мкм;

h_{k1} - товщина ЛФП на першій ділянці по закінченню збиральних робіт, мкм

Для наступних ділянок:

$$I_{vi} = \frac{h_n - h_{ki}}{V_{\text{робі}}} \quad (2.14)$$

де h_{ki} - товщина ЛФП на i -й ділянці після проведення збиральних робіт, мкм;
 $V_{\text{робі}}$ - обсяг виконаних робіт на i – й ділянці, т.

Отриманий вираз дає змогу визначати інтенсивність зношування ЛФП, в тому числі i на окремих ділянках робочих поверхонь жатки зернозбирального комбайна.

2.4 Знос ЛФП при терті поверхні жатки з рослинною масою.

Під час переміщення по жатковій робочій поверхні зернозбирального комбайна рослинної маси, утворюється пара тертя "рослинна маса – ЛФП". У результаті такої взаємодії відбувається зношування ЛФП. Як зазначалося в розділі

1, лакофарбові покриття належать до твердих полімерів, отриманих нанесенням ЛФМ.

Найпоширенішими видами контакту при абразивному зношуванні є пружний або пластичний контакт.

Для оцінки інтенсивності абразивного зношування у випадку пружного контакту використовується відповідна формула.

$$I = \frac{c_1 q (1 - \eta^2)}{E} \quad (2.18)$$

де c_1 - константа шорсткості (характеризує поверхню);

q - контурний питомий тиск, Н/м²;

η - коефіцієнт Пуассона;

E - модуль пружності, Н/м².

У цьому випадку контурний питомий тиск визначається за формулою:

$$q = \frac{1,4HB^2(1-\eta^2)^4}{\Delta^2 E^4}, \quad (2.19)$$

де HB - твердість за Брінеллем, МПа;

Δ - характеристика шорсткості, яка враховує гостроту виступів та розподіл шорсткого шару за висотою профіля.

Інтенсивність абразивності зношування у разі пластичного контакту визначається за формулою:

$$I = \frac{c_2 q}{HB}, \quad (2.20)$$

де c_2 - константа шорсткості (характеризує поверхню).

Фактори, які впливають на зношування ЛФП робочих поверхонь жаток зернозбиральних комбайнів, поділяються на зовнішні та внутрішні. Зовнішні фактори, у свою чергу, поділяються на ті, що залежать від властивості рослинних мас, і тих, що визначаються умовами їх переміщення. Властивості рослинної маси залежать від типу культури, яку збирають, тоді як умови переміщення рослинної маси визначаються режимами роботи комбайна [8].

До внутрішніх факторів належать параметри ЛФП робочих поверхонь жаток, які задаються характеристиками використовуваних ЛФМ і технологією фарбування. Шляхом удосконалення технологічного процесу ремонтного фарбування, до подальшого аналізу варто приймати лише внутрішні чинники, які пов'язані з параметрами ЛФП, що формується на робочих поверхнях жаток, з метою підвищення зносостійкості ЛФП жаток зернозбиральних комбайнів,

безпосередньо через технологію фарбування. Основними з них є: адгезійна міцність, твердість, шорсткість і товщина лакофарбового покриття (рис. 2.5).

Висновки до розділу 2

Зробивши висновок по розділу 2 ґрунтуючись на формули (2.16-2.20) можна підсумувати, що інтенсивність абразивного зношування полімерів здебільшого залежить від твердості та шорсткості поверхонь.

Описана в розділі 2 теорія зовнішнього тертя і зношування дозволяє розглядати в якості факторів, що впливають на знос ЛФП при терті з рослинною масою, такі параметри ЛФП, як твердість і шорсткість.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Випробування лакофарбових покриттів та методика проведення

Об'єкт досліджень - є сталь, а саме, 24 пластинки, виготовлені з матеріалу марки 08КП. Зразки були покриті двома типами лакофарбових матеріалів: перший (ЛФП №1) - епоксиполіефірний порошковий матеріал «чорного» кольору, другий (ЛФП №2) - рідкий алкідний лакофарбовий матеріал, кольору - «жовтий».

Половина зразків, а саме 12 пластинок, перед нанесенням покриття піддавались фосфатуванню для створення фосфатного адгезійного підшарку. Цей процес проводився з використанням розчину КФ-14, що включає набір компонентів для покращення зчеплення між металевою поверхнею та лакофарбовим покриттям.

Процедура випробувань охоплювала наступні етапи:

- підготовка розчину для фосфатувального процесу, тобто оброблення основного металу електрохімічним або хімічним способом, в результаті чого утворюється плівка із фосфорнокислих кристалів солей заліза, цинку, і цей процес збільшує адгезію лакофарбового покриття та є добрим основним прошарком для нанесення на металеві вироби, що служить зменшенню тертя, електроізоляцією, і також є захистом від корозії;
- контроль складу розчинів шляхом визначення загальної та вільної кислотності;
- попередня обробка поверхні сталевих зразків перед фосфатуванням;
- нанесення на поверхню пластин фосфатного розчину;
- визначаємо питому масу фосфату заліза та кількості стравленого металу у дослідних пластинок;
- прискорена оцінка захисних властивостей фосфатного покриття;
- фінішна обробка поверхні після фосфатування;
- нанесення лакофарбових покриттів на сталеві пластини;

- тестування на адгезію лакофарбового покриття до поверхні пластин;
- вимірювання відблиску нанесеного покриття;
- дослідження поверхні на рівність (шорсткість);
- підготовка металографічних зразків для аналізу;
- вивчення морфологічних особливостей і рельєфу поверхні;
- вимірювання товщини лакофарбового покриття;
- оцінка стійкості покриття до зношування;
- аналіз термічної стійкості покриття;
- проведення випробувань на корозійну стійкість.

3.2 Підготовка концентратів та розчинів для фосфатування

Розчин і концентрат, виготовлялися із застосуванням хімічних реактивів класу чистоти «Ч» та дистильованої води. Сухі компоненти, такі як магній сірчаноокислий, нікель азотноокислий, кальцинована сода, мідь сірчаноокисла та окис цинку, поступово додавали до водних розчинів, які містили визначену кількість азотної та ортофосфорної кислот, забезпечуючи постійне перемішування.

Для прискорення процесу в розчин додавали спеціальні прискорювачі у вигляді сухих наважок або розчинів заданої концентрації. Концентрацію іонів NO_2^- підтримували за рахунок дозованого введення розчину натрію нітриту (1,3 г/л) зі швидкістю 3 мл/хв. Це було необхідно через нестабільність натрію нітриту у закислених розчинах.

Для регулювання кислотності розчину використовували 5% – ний розчин $NaOH$. Щоб досягти рівноважних значень вільної та загальної кислотності, 60 мл готового розчину переливали в скляну ємність і нагрівали у водяній бані до визначеної температури. Під час нагрівання проводили поступове введення 1% – ного розчину $NaOH$ допоки появиться опалесценція, забезпечуючи постійне

перемішування. Після цього розчин фільтрували, дотримуючись робочих температур, а потім охолоджували до 21-22°C.

Методика визначення рівноважних значень вільної та загальної кислотності описана в експериментальній частині роботи.

3.3 Визначення загальної і вільної кислотності

Для аналізу кислотності 15 мл підготовленого, відфільтрованого та охолодженого розчину поміщали в конічну колбу об'ємом 300 мл. До нього додавали 6-9 краплин фенолфталеїну, після чого проводили титрування 0,1% – ним розчином гідроксиду натрію до тих пір, коли з'явиться рожеве забарвлення, яке залишалося стійким в проміжку часу 25 секунд.

Обсяг 0,1%-ного розчину гідроксиду натрію, використаного для титрування 15 мл зразка розчину для фосфатування, умовно відображає загальну кислотність розчину.

Методика визначення вільної кислотності подібна до визначення загальної, за винятком використання індикаторів. Замість фенолфталеїну застосовували метилоранж або бром-феноловий синій. Проводилось титрування: від червоного до світло бежевого кольору із помаранчевим відтінком, та від жовтуватого до синього (рівень рН переходу = 3,6).

3.4 Підготовка зразків до нанесення фосфатного покриття

Для проведення випробувань використовували 12 пластин зі сталі із матеріалу марки 08кп. Перед тим, як нанести фосфатне покриття зразки піддавали попередній підготовці, яка включала знежирення за допомогою спеціальної композиції КМ-25. Далі виконували активацію поверхні розчином АФ-4 (1 г/л) з температурою 20-35°C дві хвилини постійно перемішуючи.

Для проведення процесу фосфатувань використовувалися з нержавіючої сталі ванночки, виготовлені об'ємом 3 літри, оснащені термоелектричними нагрівачами. Нагрівання здійснювалося за допомогою водяної сорочки, а сталість температурного режиму підтримувалася реле та контактними термометрами протягом усього процесу. Тривалість фосфатування варіювалася в межах від 1 до 10 хвилин. Після завершення процесу зразки промивали проточною водою, потім дистильованою водою, і завершували обробку шляхом конвективного сушіння при температурі 55-65 °С.

Маса стравленого металу ($m_{стр}$) та маса фосфатного шару ($m_{ф}$) обчислювалися за такими формулами:

$$m_{ф} = \frac{(m_2 - m_3)}{s} \quad (3.1)$$

$$m_{ф} = \frac{(m_1 - m_3)}{s} \quad (3.2)$$

m_1 – маса експериментального зразка до процесу фосфатування, г;

m_2 – маса експериментального зразка після процесу фосфатування, г;

m_3 – маса зразка після усунення фосфатних плівок, г;

Процес зважувань зразків виконувався з використанням високоточних ваг *AND GR-200*. (рис. 3.1)



Рис. 3.1. Високоточні ваги *AND GR – 300*

Із експериментальних пластин усунення шару фосфату здійснювалося процесом обробки в розчині, який містив 50 г/л CrO_3 , з використаною температурою 80°C за період 2 – 3 хвилини. Після цього, зразки ретельно промивали водою та висушували. Похибка методу визначення маси фосфатного шару, обумовлена масою металу, що стравлюється під час обробки в розчині CrO_3 , не перевищувала 0,02 г/м².

Властивості фосфатного захисного покриття визначалися методом крапельного тесту з використанням реактиву Акімова. Якість покриття оцінювалася за часом, необхідним для зміни кольору контрольної ділянки під краплею з сірого на червоно-коричневий.

Перед нанесенням фарби поверхня сталевих зразків з фосфатним шаром оброблялася шляхом хроматином пасивації. Цей процес проводився в розчині при температурі 50 °C протягом однієї хвилини.

Порошкове лакофарбове покриття №1 наносили методом розпилення за допомогою розпилювача-пістолета марки СТАРТ-50 (рис. 3.2). Після нанесення зразки положили до сушильної шафи моделі ШС-80-01 та піддавали оплавленню (рис. 3.3.) при температурі 180 °C.



Рис. 3.2 - Електростатичний розпилювач-пістолет марки Старт-50.



Рис. 3.3 - Сушильна шафа марки ШС-80-01

Рідкий лакофарбовий матеріал №2, наносим фарбопультотом з розпиленням - *ANEST IWATA W-400* (рис. 3.4).



Рис. 3.4 - Фарбопульт *ANEST IWATA W-400*

Покриття відбувалось з допоміжним тестером адгезії *Elcometer 107* (рис. 3.5), використовуючи метод поперечного надрізу.



Рис. 3.5 - Тестер оцінювання адгезії *Elcometer 107*.

Метод поперечної насічки та тестер дав змогу оцінити адгезію експериментальних пластинок.

Адгезія покриття оцінювалась згідно з міжнародним стандартом *ISO-2409*, Вручну, спеціальним ріжучим інструментом, здійснювалось нанесення надрізів на покритті. Наскрізь, виконувався надріз до підкладки, у вигляді поперечної та повздовжньої лінії. Потім, за допомогою м'якої щітки, способом вперед-назад, плівка покриття очищалася, по 5 раз, діагонально, решітчастому рисунку. Далі проводились дослідження, за допомогою спеціальної стрічки, яка на малюнок, наклеювалася, а потім відклеювалася під кутом приблизно 60° . Стрічка

Дослідження з рис.3.6 занотовувались у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Класифікація результатів випробування покриттів за допомогою поперечних насічок

Опис
Край насічок повністю гладкі і жоден з квадратів сітки не відклеєний
Відділення невеликих лусочок покриття на точках перетину насічок. Відшаровування покриття на ділянці з поперечними насічками не перевищує 5%
Покриття відшарувалося по краях або на точках перетину насічок. Відшаровування покриття на ділянці з поперечними насічками значно перевищує 5%, але не більше 15%
Покриття частково або повністю відшарувалося великими шматками по краях насічок і / або повністю відшарувалося на різних частинах квадратів. Відшаровування покриття на ділянці з поперечними насічками значно перевищує 15%, але не більше 35%
Покриття відшарувалося великими шматками по краях насічок і / або повністю відклеїлося. Відшаровування покриття на ділянці з поперечними насічками значно перевищує 35%, але не більше 65%
Будь-яка ступінь відшарування, яка не може бути класифікована по 4 класу

Відповідно до міжнародного стандарту *ISO 2813*, визначали блиск покриття, який застосовується до пігментованих ЛФМ і регламентує методику оцінки блиску покриття. Для проведення вимірювань використовували блискомір *Elcometer 480*, який забезпечує вимірювання відбивання світла під кутами падіння 20° , 60° та 85° (рис. 3.7).

Пристрій фіксує інтенсивність світла що відбивається від поверхні і перетворює її у значення блиску, виражене в одиницях блиску, за шкалою, *GU (Gloss Unit)*. Для виконання вимірювання, прилад розміщують на зразку, що знаходиться на рівній горизонтальній поверхні, після чого визначають показник блиску досліджуваних пластин, рис. 3.8.

Для дослідження блиску покриття з низьким рівнем глянцю (менше 30 одиниць) або високим рівнем глянцю (більше 70 одиниць) застосовується кут 60° для вимірювань. Вимірювались дані блискоміром, у трьох хаотично вибраних місцях, досліджуваних поверхонь. У випадках, коли поверхня має спрямовану текстуру (наприклад, слід відбитку руки або специфічний малюнок), вимірювання блиску виконуються окремо у дві перпендикулярні сторони.

На кожній випробувальній пластині вибирали по три різні ділянки для досліджень блиску. Середнє арифметичне значення трьох вимірів приймали як підсумковий у випадку, коли різниця між максимальним і мінімальним значеннями не перевищувала 5 одиниць блиску.

За допомогою профілометра *Mitutoyo Surftest SJ-310* (рис. 3.9), визначили шорсткість покриття, досліджуваних пластин; відповідно щуп профілометра, у якого наконечник із алмазу, використовували для оцінки параметрів, і цей метод сканувань відповідає стандартам *ISO 1997*.

Шорсткість є ключовою геометричною характеристикою поверхонь, яка впливає не лише на естетичний вигляд покриття, та й на їх зносостійкості, корозійну стійкість, антифрикційні властивості та інші експлуатаційні характеристики.

На профілометрі проводили вимірювання шести параметрів шорсткості, встановлених відповідними стандартами.

Висновки до розділу 3

Отож, в третьому розділі детально описано методику проведення експериментальних досліджень. Розглянуто етапи підготовки зразків, включаючи фосфатування, хроматну пасивацію та нанесення лакофарбових матеріалів. Також подано методики визначення основних експлуатаційних характеристик покриттів, таких як адгезія, блиск, товщина шару, шорсткість поверхні, а також стійкість до зношування, корозії та термічного впливу.

Результати випробувань проводилися з використанням сучасного обладнання, зокрема електростатичних пістолетів-розпилювачів, профілометрів та тестерів адгезії. Дослідження виконували відповідно до міжнародних стандартів, що забезпечує високу точність і достовірність отриманих результатів. Представлена методика є основою для аналізу впливу застосованих технологій і матеріалів на довговічність та експлуатаційні властивості покриттів сільськогосподарської техніки.

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведено дослідження адгезійних властивостей лакофарбових покриттів, нанесених на сталеву поверхню з фосфатним підшаром адгезії і без нього. Оцінка адгезії здійснювалася за допомогою тестера адгезії.

Адгезія лакофарбового покриття на основі рідкої фарби (ЛФП №2) без попереднього фосфатного шару відповідає балу 1 за стандартом *ASTM D3359*, що є нижчим показником порівняно з лакофарбовим покриттям 1. На фотографії (рис. 4.1, б) видно, що площа відшарування покриття в зоні поперечно-поздовжніх насічок перевищує 5%, але не перевищує 15%, що відповідає балу 1 за вказаним стандартом. За результатами досліджень, видно, що попереднє фосфатування підвищує адгезію лакофарбового покриття №2 до класу 0.

Досліджено блиск ЛФП, в табл 4.2. Згідно з отриманими даними, зразок з порошковим покриттям №1 має високий блиск із показником понад 70 одиниць, що характеризує його як високоглянцевий. У свою чергу, зразок з рідким лакофарбовим покриттям №2 є низькоглянцевим, оскільки його блиск становить менше 70 одиниць.

З'ясовано, що здійснений попередній процес фосфатування, не впливає на рівень блиску лакофарбового покриття.

Досліджено параметр шорсткості лакофарбового покриття. Отримані результати представлено в таблиці 4.3 та проілюстровано на рисунках 4.2 і 4.3.

Таблиця 4.3 – Параметри шорсткості лакофарбових покриттів

	Ra	Rq	Rz	Rp	Rv	Клас шорсткості
Без покриття	0,084	0,111	0,749	0,356	0,393	10
ЛФП №1	0,088	0,121	0,704	0,226	0,478	10
ЛФП №1 з фосфатним підшаром	0,080	0,103	0,467	0,287	0,180	10
ЛФП №2	0,192	0,237	0,871	0,370	0,501	9
ЛФП №2 з фосфатним підшаром	0,194	0,248	1,362	0,804	0,558	9

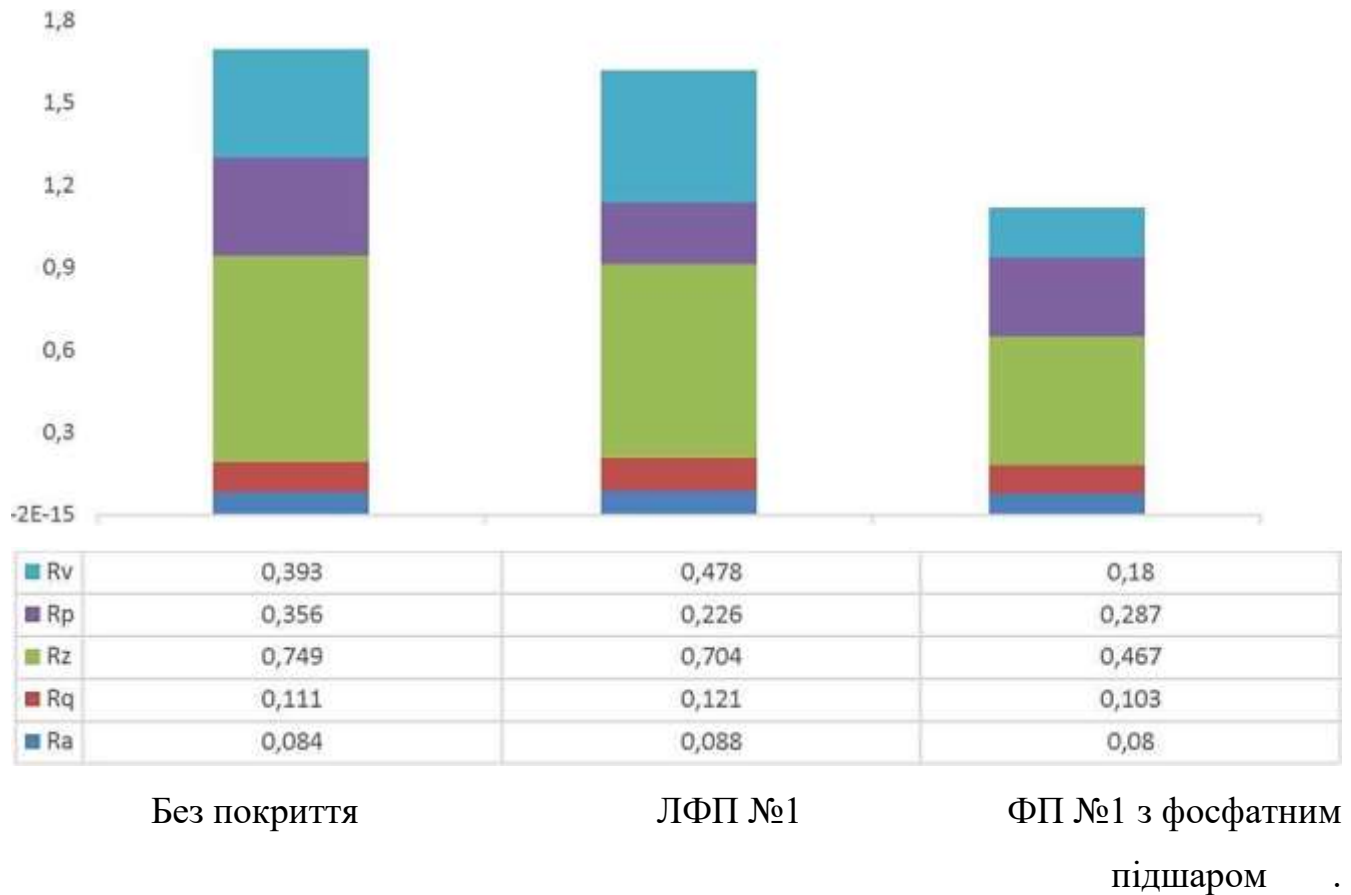


Рис. 4.2 - Параметри шорсткості лакофарбового покриття ЛФП №1 чорногокольору, виготовленого на основі епоксиполіефірного порошкового матеріалу

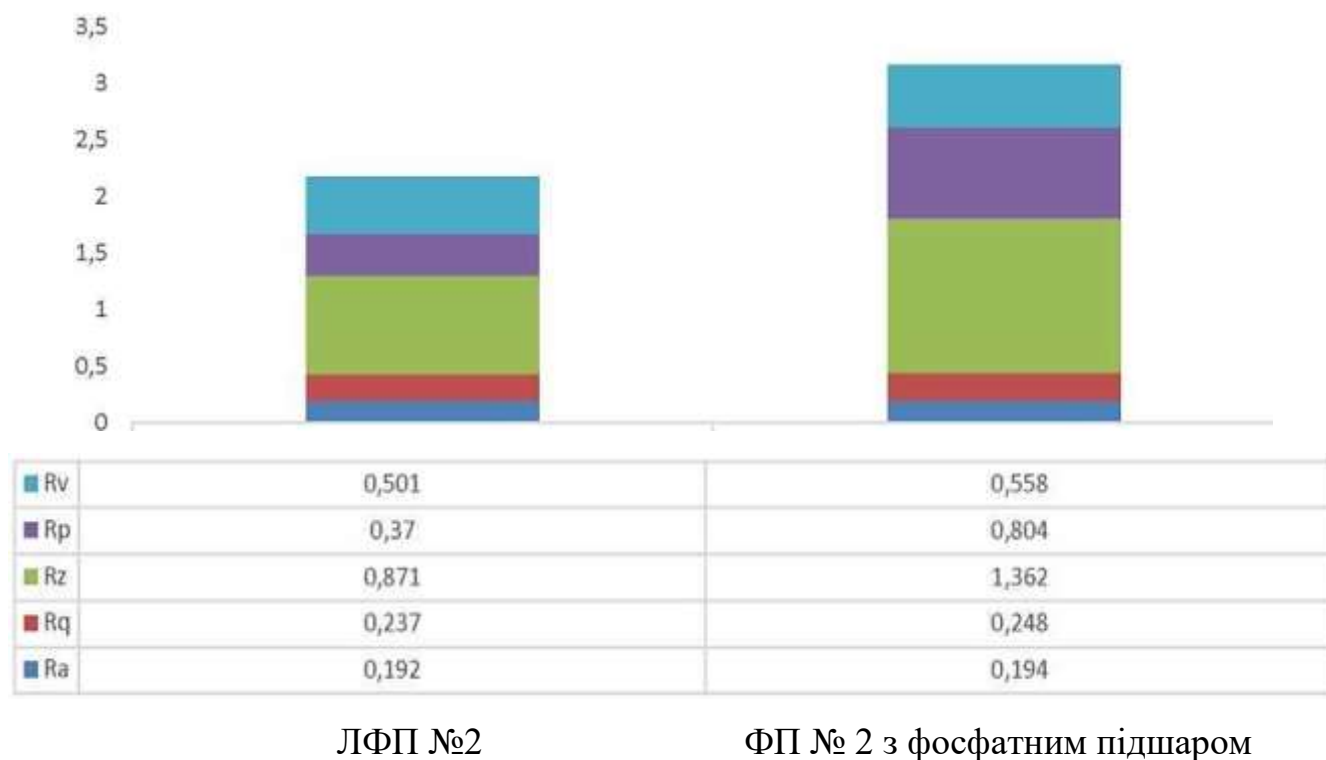


Рис. 4.3 - Показники шорсткості ЛФП №2 жовтого кольору, створеного на основі рідкого алкідного лакофарбового матеріалу.

Результати вимірювань показали, що порошкові ЛФП характеризуються меншою шорсткістю, яка відповідає 10 класу згідно з стандартами. У той же час покриття на основі рідкого лакофарбового матеріалу мають шорсткість, що відповідає 9 класу.

Попереднє фосфатування майже не впливає на рівень шорсткості ЛФП.

Товщину лакофарбового покриття визначаємо з допомогою металографічного мікроскопа. Через труднощі виявлення морфології жовтого покриття за допомогою оптичного мікроскопа, лакофарбове покриття №2 попередньо фарбували чорним маркером. Як видно на фотографіях (рис. 4.4), поверхня лакофарбового покриття №2 містить значну кількість пор.

На рис. 4.4. зображено збільшені фото металографічних зразків, шліфів ЛФП, досліджуваних пластинок, які збільшені у 300 разів, що дозволило визначити їх товщину, відповідно для №1 покриття 60...65 мкм; №2 45...50 мкм. Результати вимірювання товщини (δ) ЛФП підтверджені використанням товщиноміра *Elcometer* 456. Як і передбачалось, визначивши товщину порошкового покриття, вона суттєво перевищує товщину покриття на основі рідкого ЛФМ. А також, було досліджено зносостійкість ЛФП, результати чого показані в таблиці 4.4 і рис 4.5

Таблиця 4.4 – Показники зносостійкості лакофарбового покриття

Коефіцієнт зносу	ЛФП №1	ЛФП №1+ фосфатування	ЛФП №2	ЛФП №2 + фосфатування
У	123,9	150	114,9	130

Дослідження показали, що порошкове лакофарбове покриття демонструє вищу зносостійкість порівняно з рідким, а попереднє фосфатування забезпечує підвищення зносостійкості покриття на 15 – 20%.

Проведені корозійні випробування за міжнародним стандартом, який регулює проведення випробувань на корозійну стійкість металу, фарб, лаків, пластмас та інших матеріалів в умовах впливу соляного туману *ASTM B117 (American Society for Testing and Materials)* сталевих зразків із нанесеним адгезійним фосфатним шаром і без нього, показали, що порошкові лакофарбові покриття, навіть без фосфатного підшару, відповідають стандарту захисної здатності, оскільки ширина поширення корозії від місця надрізу не перевищила 2,0 мм після 240 годин випробувань (рис. 4.6). У свою чергу, лакофарбові покриття на основі рідкої фарби без фосфатного підшару не відповідають вимогам захисної здатності, адже корозія поширилася більше ніж на 2,0 мм. Проте попереднє фосфатування значно покращує захисні властивості рідкого покриття жовтого кольору, знижуючи ширину поширення корозії до 1,5 мм.

Дослідження теплостійкості лакофарбових покриттів, показало їх здатність витримувати термічні випробування без змін кольору, морфології та появи дефектів, незалежно від наявності адгезійного підшару. Після впливу високих

температур зразки не відрізнялися від контрольних, які не зазнавали теплових впливів.

На основі експериментальних даних зроблено висновки: ЛФП №1 повністю відповідає вимогам захисних лакофарбових покриттів (за стандартом *ASTM B117*) як із адгезійним фосфатним підшаром, так і без нього. ЛФП №2 задовольняє ці вимоги лише за умови наявності адгезійного підшару.

Порівняльний аналіз показав, що ЛФП №1 має переваги над ЛФП №2: воно є більш глянцеvim, менш пористим, з нижчою шорсткістю, вищою адгезією до основи та більшою зносостійкістю. Тобто, процес попереднього фосфатування позитивно впливає стосовно зносостійкості та надає захисні властивості лакофарбових покриттів ЛФП №1 та ЛФП №2, що були досліджені.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Охорона праці під час роботи з обладнанням для роботи з лакофарбовими покриттями.

Робоче місце має бути добре освітлене, щоб ви випадково не пошкодили кузов самохідних колісних машин. Необхідно дотримуватися чистоти, щоб машинка не вийшла з ладу завчасно. Категорично не рекомендується працювати з полірувальною машинкою в приміщенні, де є наявні легкозаймисті паливно-мастильні матеріали, гази або пил. В результаті роботи інструменту можуть виникають іскри, які можуть підпалити компоненти. Під час роботи наявність сторонніх осіб, а тим більше дітей, у край небажано. Під час роботи не можна відволікатися на сторонні предмети, оскільки ви можете випадково зняти зайвий шар фарби і залишити неприємного вигляду пляму, замість маленької подряпини.

Що стосується безпеки в плані електрики, не варто міняти штепсельну вилку і застосовувати перехідні штекери із захисним заземленням. Треба обов'язково уникати контакту корпусу із заземленими поверхнями (труби, холодильники). Необхідно захищати машинку від впливу вологи. Якщо ж цього уникнути неможливо, то використайте вимикач захисту від струмів ушкодження.

Не користуйтеся інструментом в стані сп'яніння або сильної втоми.

Полірувальна машинка має елемент, що швидко обертається, який, під час роботи, пускає іскри і видає гучний звук. Використовуйте засоби індивідуального захисту для органів слуху і зору, а також неслизьке взуття.

Заберіть з робочої області усі сторонні предмети. Не використовуйте одяг із звисаючими частинами і будьте акуратніші з волоссям.

Особливої обережності необхідно дотримуватися при роботі з кутами і краями, оскільки машинка на них може зіскочити, а полірувальник, при різких рухах, може пошкодити фарбу кузова.

5.2. Засоби індивідуального захисту.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) застосовують тоді, коли безпека робіт не може бути забезпечена конструкцією та розміщенням устаткування, організацією виробничих процесів, архітектурно-планувальними рішеннями та засобами колективного захисту.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» (ст. 10) на роботах із шкідливими та небезпечними умовами праці, в особливих температурних умовах, в забрудненому середовищі робітникам та службовцям безплатно видаються спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту. Перелік робіт та професій, що дають право на одержання ЗІЗ, складається на основі галузевих норм адміністрацією підприємства та погоджується із місцевими органами держнагляду по охороні праці. Порядок видачі, зберігання та використання ЗІЗ визначається «Положенням про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами інд. захисту» (наказ Держнаглядохоронпраці № 170 від 29. 10. 96 р.).

ЗІЗ поділяються на засоби захисту органів дихання, спецодяг, спецвзуття, засоби захисту рук, голови, обличчя, очей, органів слуху, шкіри, засоби захисту від падіння з висоти та ін.

Захист органів дихання здійснюється за допомогою протигазів та респіраторів. За принципом дії протигази поділяються на фільтруючі та ізолюючі. У фільтруючих протигазах повітря очищається від токсичних речовин при проходженні його через фільтруючу коробку. У випадку наявності у повітрі невідомих речовин, або значного вмісту шкідливих речовин (більше 0,5% за

об'ємом), а також при зменшеному вмісті кисню (менше 18% при нормі 21%) застосовувати фільтруючі протигази не можна. В таких випадках, а також при роботах в колодязях та ємкостях застосовують лише ізолюючі протигази шлангові (подача повітря для дихання з чистої зони по шлангу), або автономні (з генерацією або без генерації кисню).

Респіратор - полегшений засіб захисту органів дихання від шкідливих газів, парів, аерозолей. Вони, як правило, складаються з двох елементів: півмаски, що ізолює органи дихання від забрудненої атмосфери, та фільтруючої частини. За призначенням респіратори поділяються на протигазові, протипилові та універсальні.

До спецодягу відносяться: куртки, штани, комбінезони, халати плащі тощо. Відповідно до ГОСТ 12.4.103-80 спеціальний одяг залежно від захисних властивостей поділяється на групи (підгрупи). Виходячи із необхідних захисних властивостей, вибираються матеріали для виготовлення спецодягу. Спеціальне взуття класифікується в залежності від захисних властивостей аналогічно спецодягу. Воно поділяється на чоботи, півчоботи, черевики, півчеревики, валянки, бахіли.

Засоби захисту голови дозволяють недопустити травмування голови при виконанні монтажних, будівельних, навантажувально-розвантажувальних робіт, при видобутку корисних копалин.

Найбільш розповсюджені засоби захисту голови - каски, які поділяються на каски захисні загального призначення (каска будівельна склопластикова, текстолітова), каски шахтарські, каски спеціального призначення (для електрозварників).

Засоби захисту рук - це різні види рукавиць, рукавичок, напальчників, дерматологічних засобів (мазі, пасти, креми). Рукавиці та рукавички виготовляють із бавовни, льону, шкіри, шкірзамінника, гуми, азбесту, полімерів та ін. Засоби

захисту рук за захисними властивостями класифікуються відповідно до єдиної класифікації аналогічно до спецодягу та спецвзуття.

Для захисту очей від твердих частинок, бризок кислот, лугів та інших хімічних речовин, а також випромінювань застосовують такі засоби індивідуального захисту, як окуляри. Тип окулярів добирається залежно від виду роботи.

Згідно з Державними санітарними правилами планування та забудови населених пунктів підприємства, їх окремі будівлі та споруди з технологічними процесами, що є джерелами забруднення навколишнього середовища хімічними, фізичними чи біологічними факторами, при неможливості створення безвідходних технологій повинні відокремлюватись від житлової забудови санітарно-захисними зонами (СЗЗ). Розмір санітарно-захисної зони визначають безпосередньо від джерел забруднення атмосферного повітря до межі житлової забудови. Джерелами забруднення повітря є: організовані (зосереджені) викиди через труби і шахти; розосереджені - через ліхтарі промислових споруд; неорганізовані - відкриті склади та підвали, місця завантаження, місця для збереження промислових відходів

Санітарно-захисні зони повинні бути озеленені, адже саме тоді вони повною мірою можуть виконувати роль захисних бар'єрів від виробничого пилу, газів, шуму.

5.3. Основи фізіології, гігієни праці та виробничої санітарії.

На зовнішній межі санітарно-захисної зони зверненої до житлової забудови, концентрації та рівні шкідливих факторів не повинні перевищувати їх гігієнічні нормативи (ГДК, ГДР), на межі курортнорекреаційної зони - 0,8 від значення нормативу.

Велике значення з санітарно-гігієнічної точки зору має благоустрій території, що вимагає озеленення, обладнання тротуарів, майданчиків для відпочинку, занять спортом та ін. Озеленені ділянки повинні складати не менше 10... 15% загальної площі підприємства.

Для збирання та зберігання виробничих відходів потрібно відвести спеціальні ділянки з огороженням та зручним під'їздом.

5.4. Основні вимоги до виробничих будівель та споруд.

Основні вимоги до будівель виробничого призначення викладені в СНІП 2.09.02-85.

При плануванні виробничих приміщень необхідно враховувати санітарну характеристику виробничих процесів, дотримуватись норм корисної площі для працюючих, а також нормативів площ для розташування устаткування і необхідної ширини проходів, що забезпечують безпечну роботу та зручне обслуговування устаткування.

Об'єм виробничих приміщень на одного працівника згідно з санітарними нормами повинен складати не менше 15 м^3 , а площа приміщень - не $< 4,5 \text{ м}^2$.

Якщо в одній будові необхідно розмістити виробничі приміщення, до яких з точки зору промислової санітарії та пожежної профілактики висуваються різні вимоги, то необхідно їх групувати таким чином, щоб вони були ізольованими один від одного. Цехи, відділення та дільниці зі значними шкідливими виділеннями, надлишком тепла та пожежонебезпечні необхідно розташовувати біля зовнішніх стін будівлі і, якщо допустимо за умовами технологічного процесу та потоковістю виробництва - на верхніх поверхах багатоповерхової будівлі. Не можна розташовувати нешкідливі цехи та дільниці (наприклад, механоскладальні, інструментальні тощо), а також конторські приміщення над шкідливими, оскільки при відкриванні вікон газу та пари можуть проникати в ці приміщення.

Приміщення, де розташовані електрощитове, вентиляційне, компресорне та інші види обладнання підвищеної небезпеки повинні бути постійно зачиненими на ключ, з тим, щоб в них не потрапили сторонні працівники.

Ширина основних проходів всередині цехів та дільниць повинна бути не < 1,5 м, а ширина проїздів – 2,5 м. Двері та ворота, що ведуть безпосередньо на двір, необхідно обладнати тамбурами або повітряними (тепловими) завісами. Важливе значення для здорових та безпечних умов праці мають раціональне розташування основного та допоміжного устаткування, виробничих меблів, а також правильна організація робочих місць. Порядок розташування устаткування і відстань між машинами визначаються їхніми розмірами, технологічними вимогами і вимогами техніки безпеки. Однак, у всіх випадках, до устаткування, що має електропривод, повинен бути вільний підхід з усіх сторін шириною не менше 1 м зі сторони робочої зони і 0,6 м – зі сторони неробочої зони. Виробничі меблі (шафи, стелажі, столи тощо) можна ставити впритул до конструктивних елементів будівлі - стін, колон.

Для обробки та захисту внутрішніх поверхонь конструкцій приміщень від дії шкідливих та агресивних речовин (наприклад, кислот, лугів, свинцю) та вологи використовують керамічну плитку, кислотостійку штукатурку, олійну фарбу, які перешкоджають сорбції цих речовин та допускають миття поверхонь.

Висота виробничих приміщень має бути не менше 3,2 м, а для приміщень енергетичного та складського господарства – 3 м. Відстань від підлоги до конструктивних елементів перекриття – 2,6 м. Галереї, містки, сходи і майданчики повинні бути завширшки не менше 1 м і загороджені поруччями висотою 1 м і внизу повинні мати бортики висотою 0,2 м.

Всі майданчики, які розташовані на висоті понад 260 мм від підлог повинні мати поруччя Санітарні металеві сходи для обслуговування обладнання встановлюються під кутом, що не перевищує 45° з відстань між сходишками 230-

260 мм і шириною сходів 250-300 мм. Сходи виготовляються ребристими або із смугастої сталі. Ширина виходів з приміщень має бути не меншою 1 м, висота н 2,2 м. При русі транспорту через двері їх ширина повинна бути 0,8 м більше з обох боків габариту транспорту; Підлоги виробничих приміщень повинні бути зносостійкими, теплими неслизькими, щільними, легко очищуватись, а в деяких цехах, дільницях – волого-, кислото- та вогнестійкими Через підлогу в інше приміщення не повинні проникати вода, мастила, шкідливі речовини, газу.

При проектуванні систем водопостачання та каналізації необхідно впроваджувати найбільш прогресивну технологію і устаткування для підготовки та подачі води, відведення та очистки промислових стоків, забезпечувати найменшу забрудненість стічних вод, можливість утилізації та використання відходів виробництва.

В проходах між цехами, вестибюлях, приміщеннях для відпочинку необхідно передбачати фонтанчики чи установки з газованою водою. В гарячих цехах повинні бути передбачені місця площею 2-3 м² для установок з охолодженою підсоленою газованою водою (5 г солі на 1 л води).

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до пристроїв питтєвого водопостачання не повинна перевищувати 75 м. Не допускається з'єднання мереж господарсько-питтєвого водопроводу з мережами спеціальних виробничих та протипожежних водопроводів, що подають не питтєву воду.

Всі стічні води спускаються в міську каналізаційну систему. Зливання в каналізаційну мережу відпрацьованих розчинів кислот, лугів, електролітів та інших хімічних речовин допускається лише після їх нейтралізації та очищення. Забороняється зливати в каналізаційну мережу толуол, ацетон, бензин, мінеральні мастила.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Враховуючи результати досліджень, було встановлено, що покращення технології нанесення лакофарбових покриттів на основі епоксиполіефірних порошкових та рідких алкідних матеріалів дозволяє суттєво підвищити їх захисні та експлуатаційні властивості. Попереднє фосфатування створює міцний адгезійний підшар, що забезпечує довговічність покриттів навіть в умовах впливу агресивних середовищ, характерних для сільськогосподарської техніки.

Експерименти показали, що порошкові лакофарбові покриття характеризуються кращими експлуатаційними властивостями, зокрема вищим рівнем зносостійкості, адгезії, гладкості поверхні та блиску, у порівнянні з покриттями на основі рідких матеріалів. Попереднє фосфатування сприяє не лише покращенню цих властивостей, а й знижує пористість покриттів, що значно підвищує їх корозійну стійкість.

Розроблені рекомендації можуть бути впроваджені в технологічні процеси виготовлення та ремонту сільськогосподарської техніки. Зокрема, оптимізація процедури фосфатування та вибір якісних лакофарбових матеріалів дозволить зменшити частоту технічного обслуговування техніки, підвищити її експлуатаційну надійність та знизити загальні витрати на утримання. Результати дослідження підтвердили можливість застосування цих підходів для техніки, яка працює в умовах високих механічних навантажень, перепадів температур та впливу агресивних речовин, типових для сільськогосподарського середовища.

Проведений аналіз наукових джерел, присвячених впливу адгезії, масштабних і часових факторів на міцність полімерного та лакофарбового покриття, виявив недостатню увагу до механізму руйнувань покриття під дією зовнішніх і внутрішніх напружень.

У сільському господарстві саме внутрішнє напруження є однією з основних причин передчасного руйнування покриттів, що становить до 40% від усіх дефектів. Статистичний аналіз даних, підтвердив, що товстіші покриття підлягають розтріскуванню та відшаровуванню швидше, ніж тонші, за однакових умов. Отже, дослідження внутрішніх напружень покриттів, механізмів їх руйнування та розробка методів підвищення довговічності є актуальними, особливо для сільськогосподарської техніки.

Найпоширенішим методом нанесення лакофарбових покриттів є розпилення. Основними технологічними властивостями лакофарбових покриттів є адгезія та захисна здатність, а використання операції фосфатування дозволяє суттєво покращити ці властивості, що підтверджено результатами експериментів. Встановлено, що попереднє фосфатування підвищує зносостійкість лакофарбових покриттів на 15-20%.

Аналіз змін декоративних і захисних властивостей лакофарбових покриттів дозволив виявити, що розраховані емпіричні залежності адекватно відображають експериментальні дані.

Дослідження включали два типи лакофарбових покриттів: на основі епоксиполіефірного порошкового матеріалу та рідкого алкідного лакофарбового матеріалу. З урахуванням різних технологій нанесення лакофарбових покриттів були розроблені та обґрунтовані рекомендації щодо вдосконалення технологій нанесення для сільськогосподарської техніки.

Для підвищення довговічності та захисної здатності покриттів на основі епоксиполіефірних і алкідних матеріалів рекомендовано попереднє фосфатування поверхні в розчині КФ-14. Реалізація цих рекомендацій дозволить підвищити надійність та тривалість експлуатації сільськогосподарської техніки, зменшити її зношування та оптимізувати витрати на технічне обслуговування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Воробей П. І., Кондратенко І. С. Хімічні технології одержання лакофарбових покриттів: Конспект лекцій. Харків : ХНТУСГ, 2020. 128 с.
2. Сергієнко А. М., Шевченко В. С. Технологія лакофарбових композиційних матеріалів: навчальний посібник. Київ : НАУ, 2019. 152 с.
3. Коваленко В. Ю., Іващенко О. П. Технологія нанесення сучасних антикорозійних покриттів та сучасні ЛКМ для антикорозійного захисту металів: наукова стаття. Київ : Видавництво "Airless", 2020. 68 с.
4. Марченко Г. О., Степаненко Н. І. Удосконалення лакофарбових матеріалів і покриттів: наукова стаття. Київ : КНТЕУ, 2021. 84 с.
5. Петренко Д. В., Орлов С. А. Аналіз технологічних особливостей виробництва лакофарбової продукції: наукова стаття. Київ : Молодий вчений, 2017. 92 с.
6. Халабуденко В. В., Лиходід І. В. Основи трибології: тертя, зношування та змазування. Київ : Політехніка, 2015. 380 с.
7. Roberge P. R. Handbook of Corrosion Engineering. 2nd ed. New York : McGraw-Hill Education, 2012. 1072 p.
8. Літовченко В. Г., Андрущенко В. С. Основи теорії механізмів і машин. Харків : ХНУРЕ, 2017. 452 с.
9. Сергієнко А. М., Шевченко В. С. Технологія лакофарбових композиційних матеріалів: навчальний посібник. Київ : НАУ, 2019. 152 с.
10. Марченко Г. О., Степаненко Н. І. Удосконалення лакофарбових матеріалів і покриттів: наукова стаття. Київ : КНТЕУ, 2021. 84 с.
11. Петренко Д. В., Орлов С. А. Аналіз технологічних особливостей виробництва лакофарбової продукції: наукова стаття. Київ : Молодий вчений, 2017. 92 с.

12. Ковальчук В. І., Гончарук О. С. Сучасні лакофарбові покриття: матеріали науково-практичного вебінару. Київ : НУБіП, 2021. 68 с.
13. Кравченко Л. П., Білозерський М. С. Сучасні способи радіаційного сушіння лакофарбових матеріалів: наукова стаття. Харків: Радіотехніка, 2020. 58 с.
14. Дудла І. О. Дослідження властивостей і якості алкідних лакофарбових матеріалів // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. 2010. № 42. С. 302–307.
15. Голодюк Г. І. Дослідження атмосферостійкості фарбувальної композиції і лакофарбових покриттів на основі алкідних смол // Товарознавчий вісник: Збірник наукових праць. Луцьк, 2011. Вип. 3. С. 62–67.
16. Paints, Coatings and Solvents / Eds. Dieter Stoye, Werner Freitag. Weinheim : Wiley-VCH, 2008. 344 p.
17. Müller B. Principles of Formulation of Paints and Coatings. New York : Paint-Media, 2015. 234 p.
18. Барабаш С. В., Трофімова Ю. В. Розвиток лакофарбових матеріалів // Тези доповідей V міжнародної наукової конференції «Інноваційні технології, впровадження та розвиток»: Т. 2. Дніпропетровськ : ДНДІ, 2007. С. 46–47.
19. Надійність технічних систем : підручник / за ред. В. О. Петрова. Київ : Політехніка, 2015. 278 с.
20. Harun M. Application of Coatings to Agricultural Machinery for Corrosion Resistance // Journal of Surface Engineering. 2018. Vol. 25, No. 3. P. 112–120.
21. Vernède A., Pradel A. Coatings and Surface Treatments. Amsterdam : Elsevier, 2010. 412 p.
22. Practical Maintenance and Repair Techniques / Ed. H. A. Thomas. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2009. 298 p.