

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Підвищення зносостійкості лакофарбового покриття жаток
зернозбиральних комбайнів»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 2
Мазур Ірина Миколаївна
Керівник: Дудніков І. А.
Рецензент: Келемеш А. О.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Значна частина втрат металу в сільському господарстві припадає на комбайновий парк, щорічні втрати внаслідок корозії становлять понад 3000 т. Найбільш інтенсивно піддаються руйнуванню робочі органи комбайнів – жатки, що контактують з ґрунтом і рослинною масою. У жаток зернозбиральних комбайнів в першу чергу піддаються корозії їх робочі поверхні – поверхні днища і шнека, по яких переміщається зерно рослинна маса [1, 2].

При контакті з зернорослинною масою захисне лакофарбове покриття робочих поверхонь жаток зношується менше ніж за один сезон, згодом, при зберіганні і експлуатації, поверхні можуть взаємодіяти з такими факторами, як вологе повітря, дощі, вітро-снігові навантаження, сонячна радіація, перепади температури навколишнього повітря, залишки зернорослинної маси та ін., що значно прискорює процеси корозії [3].

Одним з найбільш ефективних способів захисту сільськогосподарської техніки від корозії для умов експлуатації та зберігання є лакофарбові покриття.

Для відновлення лакофарбових покриттів застосовуються технологічні процеси ремонтного фарбування, що мають свої особливості, які виникають внаслідок того, що на металевих поверхнях, що підлягають фарбуванню, присутні вогнища корозії, залишки старого лакофарбового покриття і ін. [3]. У той же час відремонтоване лакофарбове покриття не повинно поступатися за своїми властивостями лакофарбовому покриттю, що отримується в заводських умовах, при виробництві комбайнів [4]. Варто відзначити, що при правильному виборі лакофарбових матеріалів і строгому дотриманні технологічного процесу фарбування жаток зернозбиральних комбайнів отримується лакофарбове покриття, що повинне забезпечувати захисні властивості протягом двох років за умови дотримання вимог експлуатації.

У зв'язку з цим вдосконалення технологічного процесу ремонтного фарбування жаток зернозбиральних комбайнів для отримання зносостійкого лакофарбового покриття на їх робочих поверхнях є важливим і актуальним завданням сучасного ремонтного виробництва.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз процесів корозії сільськогосподарської техніки

Корозія – мимовільне руйнування металів під дією навколишнього середовища. Збиток від корозії пов'язаний не тільки з втратою великої кількості металу, а й є однією з істотних причин втрати працездатності і зниження довговічності металевих конструкцій, так як внаслідок корозійного руйнування вони втрачають міцність, пластичність, герметичність, тепло- і електропровідність, відбивну здатність і т. д. [5].

Виникаючі корозійні процеси бувають різних видів [6]:

- за механізмом процесу: хімічна, електрохімічна;
- за умовами протікання: газова, підземна, контактна, атмосферна, радіаційна, біохімічна, під напругою, фреттинг-корозія, корозійна кавітація;
- по параметру корозійних руйнувань: суцільна (рівномірна, виборна, нерівномірна), місцева (ножова, точкова, локальна, виборча, міжкристалічна).

Щоб визначити, що являє собою той чи інший корозійний процес, необхідно розглядати експлуатацію металевих конструкцій в конкретних умовах.

Понад 30% відмов сільськогосподарських машин відбувається через корозійне руйнування. А на усунення шкоди, що виникла через втрату агрегатами і деталями своїх функціональних властивостей, щорічно витрачається до 30% коштів від загальних витрат на відновлення їх працездатності [7].

Варто зазначити, що термін служби техніки і обладнання в сільському господарстві в 2,5-3 рази коротше, ніж в промисловості та транспорті [7]. Це пов'язано зі специфічними особливостями їх експлуатації та зберігання.

Металеві поверхні сільськогосподарських машин піддаються різкому перепаду температур в початковий і кінцевий періоди робіт, а також інтенсивному впливу атмосферних опадів, внаслідок яких утворюються плівки вологи, які призводять до корозії металу. Крім цього, при експлуатації сільськогосподарських машин характерний вплив і інших факторів: розчини добрив, сік рослин, механічні навантаження і ін. [8].

Якщо розглядати умови зберігання, то найбільш негативно на вузли і деталі машин впливають електрохімічні процеси, що викликаються попаданням атмосферної вологи на незахищені металеві поверхні. А в результаті змінної температури і сонячної радіації руйнують поверхню захисного лакофарбового покриття, гумові і деякі полімерні вироби [8]. Крім перерахованих вище факторів, в залежності від умов зберігання можливо вплив і таких факторів, як вітро-снігові навантаження, залишки на поверхнях машин зернорослинної маси, добрив і ін.

Найбільш поширеним видом корозійного руйнування металевих поверхонь сільськогосподарських машин є атмосферна корозія. Це пов'язано з тим, що сільськогосподарська техніка експлуатація а зберігається в основному в атмосферних умовах.

Відомо, що 70-80% деталей машин виходять з ладу внаслідок спільного впливу атмосферної корозії і механічних навантажень. З них 20-25% припадає на частку поломок через втрати міцності через атмосферну корозію [8]. Однак варто зазначити, що крім атмосферної корозії на металеві поверхні можливий одночасний вплив і інших корозійних процесів. Це пов'язано з тим, що при експлуатації на багато поверхонь зернозбиральних комбайнів, тракторів та іншої сільськогосподарської техніки впливають фактори, що викликають корозійно-механічні руйнування [9]:

- агресивність і абразивність зовнішнього середовища, що зумовлюють наявність на поверхнях деталей машин частинок ґрунту, добрив;
- вплив навколишньої температури і атмосферних опадів, що створюють на поверхнях деталей плівку вологи;

- динамічні навантаження на матеріали деталей;
- стан вихідних поверхонь матеріалу деталей (шорсткість, твердість).

Таким чином, крім атмосферної корозії може відбуватися фреттинг-корозія, кавітаційне руйнування, корозія під напругою (розтріскування), біохімічна корозія та ін.

Більш інтенсивно розвиваються корозійні процеси на агрегатах і елементах машин, які стикаються з ґрунтом, рослинами, мінеральними добривами, отрутохімікатами. Одним з основних прикладів дії поєднання корозійних процесів спільно з чинниками, що викликають корозійно-механічні руйнування, є поверхні робочих органів сільськогосподарських машин (плуги, сівалки, жниварки і ін.) [9].

Одні з робочих органів, які зазнають інтенсивного впливу корозійних процесів, жатки зернозбиральних комбайнів. Під час експлуатації для їх робочих поверхонь – поверхонь днища і шнека, по яких переміщається зернорослинна маса, небезпечними є такі корозійні процеси, як фреттинг-корозія і корозійна кавітація, які виникають, як правило, при терті або вібрації, а також при ударі. Усунення цих видів корозії можливо правильним вибором конструкційного матеріалу, зниженням коефіцієнта тертя або застосуванням захисних покриттів [10]. Робочі поверхні жаток зернозбиральних комбайнів більше інших поверхонь піддаються корозійним процесам, вони виконані з тонколистових металоконструкцій, а застосовувані марки сталі при їх виготовленні, як правило, Ст3 і 08кп. Внаслідок експлуатації у робочих поверхонь жаток спостерігається не тільки інтенсивне протікання корозійних процесів, а й розриви металу [10].

Варто зазначити, що експлуатація робочих органів з інтенсивно протікають процесами корозії призводить і до непрямих втрат. В результаті тривалих корозійних процесів можливе утворення на поверхні металу точкової корозії, виразок [11]. Для жаток зернозбиральних комбайнів це може привести до утрудненого проходження зернорослинної маси по

похилій камері і, як наслідок, вплине на ефективність проведення збиральних робіт [12].

1.2. Способи захисту сільськогосподарської техніки

Для запобігання виникнення корозії сільськогосподарської техніки і для збереження її ресурсу і працездатності необхідним є надійний захист металевих поверхонь від зовнішніх чинників як на період проведення робіт, так і під час зберігання. Тому антикорозійний захист сільськогосподарської техніки при обслуговуванні та ремонті має важливе значення. Особливо це стосується захисту вітчизняних машин, які в плані протикорозійного захисту поступаються зарубіжній техніці з об'єктивних причин: конструкційні рішення, технологія виготовлення, матеріали що застосовуються та ін. [12].

На заводі-виробнику на деталі і елементи сільськогосподарських машин наносять лакофарбові покриття, які володіють захисними і декоративними властивостями. В період експлуатації і зберігання ці покриття зношуються під дією різних факторів.

Так, захисні покриття робочих поверхонь жаток зернозбиральних комбайнів повинні протистояти безлічі факторів, таких як дощ, вітро-снігове навантаження, сонячна радіація, добові та сезонні коливання температури, механічні навантаження і ін. [13]. При зношуванні покриття, для запобігання корозії, необхідно в ремонтних умовах його відновлювати або створювати нове.

Відомо, що до основних способів захисту металевих поверхонь сільськогосподарської техніки відносяться: нанесення на поверхню різних мастильних консерваційних матеріалів, покриття легкоплавкими кольоровими металами, порошково-полімерні покриття, лакофарбові покриття [5, 6, 7].

Одним з найпоширеніших способів захисту сільськогосподарської техніки є нанесення на поверхню мастильних консерваційних матеріалів, до

яких відносяться: бензино-бітумні склади, консистентні мастила, відпрацьовані моторні масла та ін.

Захисні властивості мастильних консерваційних матеріалів полягають в утворенні на поверхні металу непроникного для зовнішніх факторів шару. Одержуваний шар не вступає в реакцію з металом і попереджає проникнення в нього рідких і газоподібних агресивних середовищ. Тривалість захисної дії залежить як від виду консерваційного матеріалу, так і від умов в яких знаходиться виріб, що захищається [12]. Мастильні консерваційні матеріали широко використовуються для забезпечення тимчасового захисту сільськогосподарської техніки під час перевезення і постановці на зберігання, як в умовах відкритої атмосфери, так і в приміщеннях.

У порівнянні з такими захисними покриттями, як лакофарбове, порошково-полімерне і покриття легкоплавкими кольоровими металами, мастильні консерваційні матеріали мають перевагу, пов'язану з простотою нанесення і видалення з поверхні, а також своєю дешевизною [13].

Головним недоліком мастильних консерваційних матеріалів є те, що вони неефективно захищають металеву поверхню в експлуатаційних умовах, при впливі механічних навантажень захисний шар швидко віддаляється з поверхні. Особливо малоефективний даний спосіб захисту в умовах експлуатації на робочих поверхнях жаток зернозбиральних комбайнів, таких як поверхні днища і шнека, по яких переміщається зернорослинна маса.

При ремонті сільськогосподарської техніки в якості антикорозійного покриття металевих поверхонь широке застосування отримали такі полімери, як поліетилен, поліаміди, епоксидні смоли [7]. Нанесення цих полімерів в сільському господарстві здійснюється газополумєневим і вихровим напиленням (напилення в псевдокиплячому шарі) [6]. Метод вихрового напилення застосуємо для невеликих і середніх деталей [10]. Тому, якщо розглядати нанесення полімерів на робочі поверхні жаток зернозбиральних комбайнів, то раціональний метод газополумєневого напилення.

Переваги полімерних покриттів перед іншими способами захисту від корозії, в тому числі перед лакофарбовим покриттям, в тому, що вони більш довговічні, володіють механічною і хімічною стійкістю. У той же час полімерні покриття значно дорожче лакофарбових, вимагають наявності більш дорогого технологічного устаткування, більшої трудомісткі при нанесенні і, як наслідок, вимагають більше енерговитрат [13].

До теперішнього часу одним з найпоширеніших способів захисту сільськогосподарської техніки від корозії залишаються лакофарбові покриття. Це найбільш доступний і ефективний спосіб, який дозволяє захищати сільськогосподарську техніку як на період зберігання, так і в період експлуатації [14].

В даному випадку захист поверхні відбувається за рахунок утворення суцільної плівки, яка ізолює поверхню від зовнішніх факторів. Процес утворення покриття на поверхні полягає в нанесенні лакофарбових матеріалів на цю поверхню різними способами.

При порівнянні лакофарбових покриттів з іншими способами захисту можна сказати, що цей спосіб відрізняється своєю дешевизною, простотою нанесення і надійністю. Отримання лакофарбових покриттів – менш трудомісткий процес, що вимагає менше технологічного обладнання, ніж металеві або порошково-полімерні покриття. Вартість лакофарбових покриттів значно нижче. Наприклад, найдешевше з металевих покриттів – цинкове - в кілька разів дорожче фарбування.

Лакофарбові покриття – універсальний спосіб захисту. Покриття протистоїть різним чинникам як при зберіганні, так і при експлуатації сільськогосподарської техніки, тому є більш надійним і довговічним, ніж мастильні консерваційні матеріали.

За рахунок простоти здійснення технологічного процесу фарбування, а також за рахунок своєї економічності нанесення лакофарбових покриттів залишається самим затребуваним на підприємствах по ремонту сільськогосподарської техніки.

В результаті можна зробити висновок, що лакофарбові покриття - найбільш прийнятний спосіб для захисту робочих поверхонь жаток зернозбиральних комбайнів.

1.3. Лакофарбові матеріали та покриття

Лакофарбові покриття отримують за допомогою нанесення на поверхню лакофарбових матеріалів, які представляють собою багатокомпонентні склади, здатні при нанесенні тонким шаром на поверхню виробів висихати з утворенням плівки.

Більшість плівкоутворюючих речовин (природних і синтетичних), що застосовуються в лакофарбовій промисловості, представляють собою високомолекулярні полімерні сполуки або ж перетворюються в них в процесі плівкоутворення. Варто зазначити, що полімери класифікуються: за хімічним складом, за будовою макромолекул і за способом формування покриттів. Практично всі застосовувані лакофарбові матеріали відносяться до лінійних полімерів [9].

Для формування якісного лакофарбового покриття, що відповідає умовам експлуатації, необхідним є його пошарове нанесення, при цьому кожен шар (шпаклівки, ґрунти, емалі) виконує свою функцію. Отримане на основі лакофарбових матеріалів багат шарове покриття, називають системою лакофарбового покриття [14].

Шпаклівки застосовують в разі необхідності, для вирівнювання поверхонь. Ґрунти наносять для формування адгезійної міцності покриття з металом. Вони також мають захисні властивості, зокрема перешкоджають проникненню вологи до металу. Емалі слугують для отримання зовнішнього шару лакофарбового покриття, формують захисні та фізико-механічні властивості одержуваного лакофарбового покриття [15, 16].

При виборі лакофарбових матеріалів для фарбування сільськогосподарської техніки в умовах ремонтних підприємств необхідно

враховувати здатність матеріалу забезпечувати надійний захист від різних факторів в умовах експлуатації та економічну доцільність застосування лакофарбового матеріалу [17].

При нанесенні лакофарбових матеріалів на поверхні формується лакофарбове покриття. При цьому необхідні показники властивостей лакофарбових покриттів досягаються шляхом вибору лакофарбових матеріалів, а також за рахунок зміни технологічних параметрів технології фарбування, що дозволяє створювати довговічне лакофарбове покриття для певних умов експлуатації [7, 18] (рисунок 1.1).

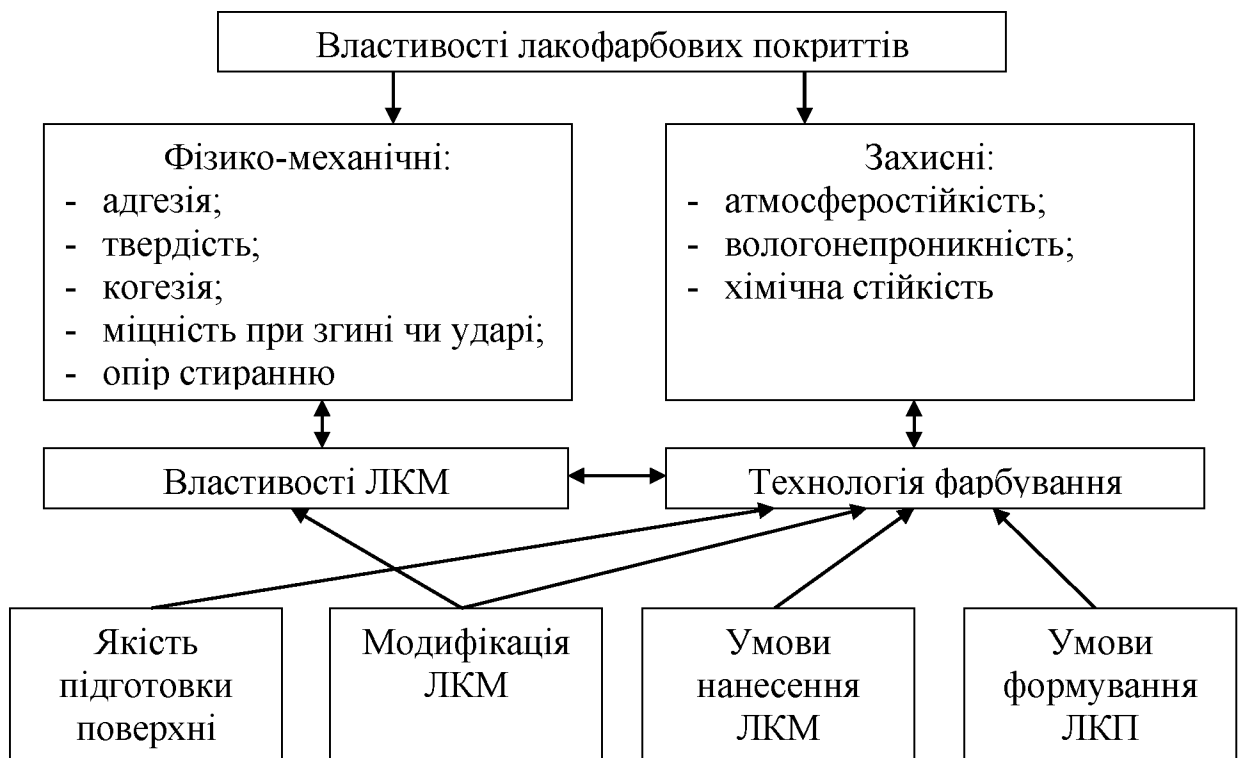


Рисунок 1.1 – Схема формування властивостей лакофарбових покриттів (ЛКП)

У свою чергу, в залежності від умов експлуатації одні з властивостей лакофарбових покриттів набувають першорядного значення, а інші стають менш важливими [10].

Таким чином, довговічність лакофарбових покриттів може змінюватися в залежності від якості підготовки поверхні, умов нанесення лакофарбових

матеріалів, умов формування лакофарбових покриттів і ін. [18]. У свою чергу, довговічність лакофарбового покриття залежить від фізико механічних і захисних властивостей. До фізико-механічних властивостей відносяться: адгезія, твердість, міцність при вигині і ударі, еластичність, когезія і опір стирання, до захисних – вологонепроникність, атмосферостійкість, хімічна стійкість [18, 19].

Якість лакофарбового покриття в значній мірі залежить від підготовки металевої поверхні безпосередньо перед нанесенням лакофарбового матеріалу. Від підготовки поверхні залежить адгезія майбутнього лакофарбового покриття з металом, а також захист металу від корозії [16, 19].

В умовах ремонтних підприємств процес підготовки поверхні, як правило, складається з наступних операцій: видалення продуктів корозії і старого лакофарбового покриття, видалення забруднень, знежирення [14]. Вибір того чи іншого способу підготовки поверхні здійснюється в залежності від характеру забруднення, від стану попереднього лакофарбового покриття, від ступеня корозії поверхні. У деяких випадках можливе застосування сукупності механічних і хімічних способів підготовки.

Однією з особливостей при використанні лакофарбових матеріалів є умови їх нанесення. Як правило, більшість лакофарбових матеріалів наносяться при температурі 15-23°C і відносній вологості повітря 70-75% [13].

Одним з найважливіших технологічних параметрів також є режим затвердіння. При сушінні покриття важливою умовою є дотримання температурного режиму. Затвердіння проводять двома способами: в природних умовах, при температурі 15-25°C (18-24 год.), і в штучних, з нагріванням до більш високих температур (80-150°C), при цьому час формування покриття знижується [14].

При нанесенні лакофарбових матеріалів не менш важливо дотримуватися товщини створюваного покриття. Виробники лакофарбових матеріалів вказують оптимальні значення товщини для кожної з систем

лакофарбових покриттів, дотримуватися яких необхідно при виконанні робіт. Дослідження показують, що зі зменшенням оптимальної товщини покриття знижуються його захисні властивості, при збільшенні товщини можуть погіршуватися фізико-механічні властивості, зокрема, це може привести до збільшення внутрішніх напружень, що вплине на появу тріщин і знизить адгезійну міцність покриттів [14].

Під час експлуатації та зберігання сільськогосподарської техніки лакофарбові покриття можуть піддаватися впливу таких факторів, як перепади температур, сонячна радіація, паливно-мастильні матеріали, волога, вітро-сніго навантаження, механічні дії (грунт, зернорослинна маса, пил) і ін. В результаті цього лакофарбове покриття зазнає незворотні зміни, показники його фізико-механічних і захисних властивостей знижуються [16].

Зниження показників властивостей лакофарбового покриття відбувається за рахунок хімічних і фізичних процесів. Хімічні процеси підрозділяються на деструкцію (руйнування) і структурування. При деструкції відбувається розрив ланцюгів макромолекул покриття, зменшення їх розмірів і зниження молекулярної маси. У свою чергу, при структуруванні відбувається подальша полімеризація лакофарбового покриття, що призводить до збільшення його твердості і зменшення еластичності [17].

До фізичних процесів відносять [18]:

- розтріскування покриття за рахунок різної величини коефіцієнтів температурного розширення і під дією ударів і вібрацій;
- механічне стирання лакофарбового покриття під дією зернорослинної маси, ґрунту, пилу;
- сорбція лакофарбовим покриттям вологи, газоподібних і рідких речовин.

Таким чином, пофарбовані поверхні комбайнів поділяються на чотири групи, по термінах служби і умов протікання процесу руйнування їх лакофарбового покриття (таблиця 1.1) [19].

Таблиця 1.1 – Класифікація пофарбованих поверхонь обшивки комбайна в залежності від терміну служби лакофарбового покриття

Група	Назва поверхонь, вузлів, деталей	Основні руйнуючі фактори	Строк служби покриття
1. Поверхні, що піддаються корозійно-механічному зносу	Днища похилої камери та жатки, шнек жатки, внутрішні поверхні боковин молотарки та копнувача, внутрішні поверхні елеваторів і бункера.	Механічний вплив зерно рослинної маси, частинки ґрунту. Атмосферні опади, вологість, перепади температур та ін.	Менше 1 року
2. Поверхні, що утворюють виїмки, впадини, закриті порожнини, в яких накопичується волога, пил та бруд	Верхня частина кожуха та увігнута частина днища кожуха вентилятора, частина поверхні даху молотарки під бункером, кронштейни кожухів шнеків.	Тривале перебування на офарбованих поверхнях атмосферних опадів, бруду, продуктів обмолоту. Атмосферні опади, вологість, перепади температур та ін.	Від 1 до 1,5 року
3. Поверхні, що піддаються постійному впливу дизельного палива і мастила	Верхня поверхня даху молотарки, частина зовнішніх поверхонь боковин молотарки.	Постійна присутність на пофарбованих поверхнях плівки з дизельного палива та мастила. Атмосферні опади, вологість, перепади температур та ін.	Від 1,5 до 2 років
4. Вертикально розташовані поверхні	Ліва та права зовнішні поверхні боковин молотарки та копнувача, вітровий щит жатки, вертикально розташовані стінки бункера.	Атмосферні опади, вологість, перепади температур та ін.	Більше 2 років

Робочі поверхні жаток (поверхні днища і шнека) відносяться до першої групи, термін служби їх захисних покриттів значно нижче, ніж у інших поверхнях комбайна, і становить менше 1 року [20]. Нетривалий термін служби лакофарбових покриттів робочих поверхнів жаток зернозбиральних комбайнів в більшій мірі відноситься до постійної його взаємодії з зернорослинною масою, під впливом сил тертя лакофарбове покриття інтенсивно зношується і втрачає свої захисні властивості.

З проведеного аналізу літературних джерел можна зробити висновок, що питання надійного захисту робочих поверхнів жаток зернозбиральних комбайнів залишається відкритим, потрібно розробляти нові підходи і рішення, пов'язані з підвищенням зносостійкості лакофарбових покриттів для цих поверхнів.

Висновки, мета і завдання досліджень

Вивчення літературних джерел та їх аналіз дозволяє зробити наступні висновки:

- сільськогосподарська галузь щорічно зазнає великих збитків, пов'язано з корозійним руйнуванням; значна частина цих збитків відноситься до сільськогосподарської техніки;
- найбільш схильні до корозійного руйнування і зносу деталі, вузли і агрегати, що контактують з ґрунтом і зернорослинною масою. Зокрема, поверхні робочих органів сільськогосподарських машин кородують до 14 разів інтенсивніше, ніж інші поверхні.

На основі аналізу даних літературних джерел поставлена мета: підвищення зносостійкості лакофарбового покриття жаток зернозбиральних комбайнів за рахунок вдосконалення технологічного процесу ремонтного фарбування.

Для реалізації поставленої мети в даній роботі поставлені наступні задачі.

1. Дослідити закономірності зношування лакофарбового покриття робочих поверхонь жаток зернозбиральних комбайнів.
2. Розробити аналітичні залежності інтенсивності зношування багат шарового лакофарбового покриття.
3. Провести експериментальні дослідження і розробити технологічний процес ремонтного фарбування робочих поверхонь жаток зернозбиральних комбайнів.
4. Виконати економічне обґрунтування запропонованих розробок.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Вибір об'єкта досліджень

При виборі об'єкта дослідження для підтвердження теоретичних висновків першого розділу виходили з таких передумов:

- 1) кількості жаток зернозбиральних комбайнів;
- 2) застосовуваних лакофарбових матеріалів і систем лакофарбових покриттів при ремонтному фарбуванні сільськогосподарської техніки.

З аналізу корозії робочих органів сільськогосподарських машин і руйнування лакофарбових покриттів, проведеного в першому розділі, випливає, що найбільшим чином у зернозбиральних комбайнів схильні до корозійного руйнування жатки. Вони піддаються корозії до 14 разів інтенсивніше, ніж інші деталі і елементи. В першу чергу корозійному руйнуванню піддаються елементи з тонколистових сталей (днище, шнек). Це пов'язано з тим, що на поверхнях днища і шнека жаток зернозбиральних комбайнів термін служби лакофарбового покриття значно нижче, ніж у інших поверхонь, і становить менше одного року. Виходячи з цього, в якості об'єкта дослідження було обрано процес зношування лакофарбового покриття робочих поверхонь жаток (поверхні днища і шнека, по яких переміщається зернорослинна маса) зернозбиральних комбайнів.

Збір статистичних даних по застосовуваних технологічних процесах ремонтного фарбування і лакофарбових матеріалів проводився в господарствах Полтавської області. Це дозволило вибрати найбільш поширені системи лакофарбових покриттів для проведення експериментальних досліджень.

Підготовка та фарбування випробувальних пластин для проведення лабораторних випробувань проводилися в умовах лабораторії кафедри ТЗМАВ.

Експериментальні дослідження з визначення коефіцієнтів тертя ковзання зернорослинної маси по лакофарбовому покриттю і міцності лакофарбових покриттів до стирання проводилися на спеціально розроблених установах.

Експериментальні дослідження з визначення адгезійної міцності і твердості лакофарбових покриттів проводилися за допомогою спеціально призначених пристроїв.

Визначення впливу твердості, шорсткості і товщини зовнішнього шару лакофарбового покриття на інтенсивність його зношування, а також твердості лакофарбового покриття в залежності від додавання розчинника до складу лакофарбового матеріалу також проводилося в умовах лабораторії кафедри.

2.2. Методика розрахунку кількості лакофарбового матеріалу

Одним з важливих етапів перед проведенням технологічного процесу фарбування є визначення необхідної кількості лакофарбових матеріалів [21].

Кількість необхідного лакофарбового матеріалу в першу чергу залежить від площі поверхні, що фарбується, а також від товщини створюваного покриття. Товщина лакофарбового покриття в залежності від стану плівки (мокра або суха) буде різна і визначається кількістю сухого залишку лакофарбових матеріалів (відношення обсягу нелетких компонентів до повного об'єму рідкої фарби). У зв'язку з цим товщина сухої плівки:

$$h_c = \frac{h_m O_c}{100\%}, \quad (2.1)$$

де h_m – товщина мокрої плівки, мкм;

O_c – сухий залишок лакофарбового матеріалу, %.

Товщина мокрої плівки:

$$h_m = \frac{h_c \cdot 100\%}{O_c}. \quad (2.2)$$

У разі додавання розчинника товщина мокрої плівки:

$$h_m = \frac{h_c (100\% + P)}{O_c}, \quad (2.3)$$

де P – відносна кількість розчинника, який додається в лакофарбовий матеріал, %

При додаванні розчинника до складу формується нове процентне співвідношення сухого залишку лакофарбових матеріалів:

$$O_{c1} = \frac{O_c}{V_{к1}}, \quad (2.4)$$

де $V_{к1}$ – новий об'єм фарби (з урахуванням додавання розчинника), л.

Тоді необхідний об'єм фарби можна розрахувати за формулою:

$$V_k = \frac{S_{окр} h_c}{10 \cdot O_c K_n}, \quad (2.5)$$

де $S_{окр}$ – площа фарбування, m^2 ;

K_n – коефіцієнт використання лакофарбових матеріалів, що враховує втрати при нанесенні лакофарбового матеріалу.

Втрати від шорсткості мають місце тільки при нанесенні першого шару лакофарбового матеріалу, в цьому випадку враховується якість поверхні, на

яку наноситься матеріал [22]. У таблиці 2.1 представлені втрати в товщині сухої плівки в залежності від шорсткості і якості підготовки поверхні.

Таблиця 2.1 – Втрати в товщині сухої плівки в залежності від шорсткості і якості підготовки поверхні

Поверхня	Шорсткість (Ra), мкм	Втрати в товщині сухої плівки, мкм
Сталева поверхня, очищена дрібним абразивом	0-50	10
Очищення дрібним абразивом	50-100	35
Очищення грубим абразивом	100-150	60
Поверхня, піддана корозії	150-300	125

При фарбуванні втрати матеріалу також залежать від способу нанесення, в цьому випадку необхідно враховувати складність конструкції (таблиця 2.2) [23]. Для простих конструкцій з великою часткою плоских рівних поверхонь втрати будуть мінімальними, для складних втрати будуть значно більше. Так, при фарбуванні ґратчастих конструкцій прогнозувати втрати лакофарбового матеріалу практично неможливо.

Таблиці 2.2 – Втрати, що залежать від способу фарбування

Спосіб фарбування	Типи конструкцій	Втрати, % від загальної товщини сухої плівки
Пензлик, валик	Прості	5
	Складні	10-15
Розпилення	Прості	20
	Складні	60 – в один шар 40 – в два шари 30 – в три шари

Втрати лакофарбового матеріалу в залежності від умов фарбування [23]:

- замкнуті вентилязовані приміщення – 5%;
- відкрите повітря при відсутності вітру – 5-10%;
- відкрите повітря при вітрі – понад 20%.

До неминучих відносяться втрати, пов'язані з проливанням лакофарбового матеріалу, невикористаними залишками і ін. [24]:

- для однокомпонентних ЛФМ – не більше 5%;
- для двокомпонентних ЛФМ – 5-10%.

Представлена методика дозволяє розрахувати необхідну кількість лакофарбового матеріалу при фарбуванні з урахуванням площі і заданої товщини одержуваного покриття, а також виникаючих при цьому втрат. Використовуючи отримані розрахунки і знаючи питому вагу лакофарбового матеріалу (технічна документація до ЛФМ), можливо розрахувати масу лакофарбового покриття на поверхні після його сушіння.

2.3. Методика визначення адгезійної міцності лакофарбових покриттів

Визначення адгезійної міцності лакофарбових покриттів проводилося за допомогою адгезіметра (рисунок 2.1), який дозволяє проводити випробування методом відриву.

При проведенні експерименту по визначенню адгезійної міцності лакофарбових покриттів були випробувані 6 систем лакофарбових покриттів: «акриловий ґрунт (АК070) - пентафталева емаль (ПФ-115)», «акриловий ґрунт (АК070) - алкідна емаль (МЛ-152)», «акриловий ґрунт (АК-070) - акрилова емаль (АК-1301)», «епоксидний ґрунт (ЕП-057) - пентафталева емаль (ПФ-115)», «епоксидний ґрунт (ЕП-057) - алкідна емаль (МЛ- 152)», «епоксидний ґрунт (ЕП-057) - акрилова емаль (АК-1301)».



1 – поворотна ручка; 2 – вимірювальна шкала; 3 – пружина; 4 – захват;
5 – випробувальний циліндр; 6 – випробувальне покриття

Рисунок 2.1 – Пристрій для визначення адгезійної міцності покриттів

Підготовка до проведення випробувань проводилася в такий спосіб:

1. Підготовка 6 випробувальних пластин товщиною 1 мм і розмірами 180x180 мм, сталь листова марки 08кп (по ГОСТ 16523).
2. Підготовка пластин перед нанесенням лакофарбових матеріалів.
3. Розрахунок необхідної кількості лакофарбових матеріалів з урахуванням площі фарбування і товщини створюваного покриття, відповідно до прийнятої методики.
4. Грунтування і фарбування.

Проведення випробувань (рисунок 2.2) проводилося в такій послідовності:

1. Випробовуване покриття 6 і випробувальний циліндр 5 готували відповідно до вимог.
2. Випробувальний циліндр 5 приклеювали до випробувального покриття 6.
3. Пристрій через захват 4 з'єднували з випробувальним циліндром 5.

4. Потім за допомогою поворотної ручки 1 стискали пружину 3, створюючи зусилля відриву між випробувальним циліндром 5 і випробовуваним покриттям 6.

5. У момент відриву випробувального циліндра 5 від випробовуваного покриття 6 фіксували покази вимірювальної шкали 2.



Рисунок 2.3 – Проведення випробувань за визначенням адгезійної міцності лакофарбових покриттів

При проведенні випробувань робили по 6 паралельних вимірювань. За дійсне значення адгезійної міцності лакофарбового покриття брали середньоарифметичне значення. Таким чином були випробувані всі 6 систем лакофарбових покриттів.

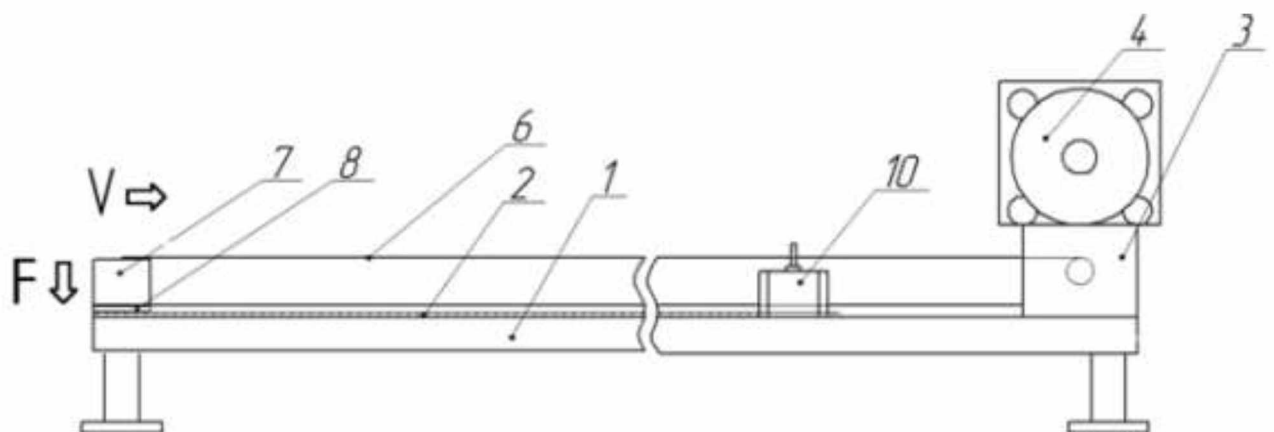
2.4. Методика визначення міцності лакофарбових покриттів до стирання

Визначення міцності лакофарбових покриттів до стирання проводилося за допомогою спеціальної установки (рис. 2.3, 2.4).

Цей пристрій дозволяє проводити випробування з визначення міцності лакофарбових покриттів до стирання з більшою точністю і меншою трудомісткістю в порівнянні з іншими відомими пристроями.



Рисунок 2.3 – Пристрій для визначення опору стирання лакофарбових покриттів



вид спереду: 1 – підстава; 2 – шліфувальна шкурка; 3 – приводний механізм; 4 – електродвигун; 6 – трос; 7 – навантажувальний пристрій; 8 – випробувальна пластина; 10 – тумблер включення мережі

Рисунок 2.4 – Пристрій для визначення міцності покриттів до стирання

За допомогою прийнятої методики виконано наступне:

- випробувані на міцність до стирання 6 обраних систем лакофарбових покриттів;
- випробуваний кожний з лакофарбових матеріалів на міцність до стирання (акриловий (АК-070), епоксидний (ЕП-1301) ґрунти, пентафталева (ПФ-115), алкідна (МЛ-152), акрилова (АК-1301) емалі);
- визначено вплив твердості лакофарбового покриття на інтенсивність його зношування в залежності від додавання пластифікатора до складу лакофарбових матеріалів;
- визначено вплив шорсткості лакофарбового покриття на інтенсивність його зношування в залежності від додавання розчинника до складу лакофарбових матеріалів;
- визначено вплив товщини зовнішнього шару на інтенсивність зношування лакофарбового покриття.

Визначення маси випробувальних пластин з лакофарбовим покриттям до проведення випробувань за допомогою лабораторних вагів.

2.5. Визначення впливу шорсткості лакофарбового покриття на інтенсивність його зношування

Підготовка до проведення випробувань щодо визначення впливу шорсткості лакофарбового покриття на інтенсивність його зношування проводилася в наступному порядку:

1. Підготовка 30 випробувальних пластин товщиною 1 мм і розмірами 40х40 мм, сталь листова марки 08кп.
2. Підготовка пластин перед нанесенням лакофарбових матеріалів.
3. Розрахунок необхідної кількості лакофарбових матеріалів з урахуванням площі фарбування і товщини створюваних покриттів відповідно до прийнятої методики.
4. Ґрунтування.

5. Приготування емалі і фарбування відповідно до технічної документації по застосуванню лакофарбових матеріалів [15].

Для зміни шорсткості одержуваного лакофарбового покриття після нанесення першого шару емалі в неї поетапно (перед нанесенням другого і наступних шарів) додавався розчинник в співвідношеннях, зазначених в таблиці 2.3.

В результаті отримано по три випробувальні пластини кожного варіанта співвідношень (рисунок 2.5).

Таблиця 2.3 – Порядок поетапного додавання розчинника при фарбуванні випробувальних пластин

Кількість розчинника від об'єму емалі, що залишилась після нанесення першого шару, %	Кількість розчинника, що додається в емаль перед нанесення шарів, %		
1-й шар	2-й шар	3-й шар	4-й шар
0	0	0	0
20	0	10	10
30	10	10	10
40	10	10	20
50	10	20	20
60	20	20	20
70	20	20	30
80	20	30	30
90	30	30	30
100	30	30	40



Рисунок 2.5 – Шорсткість лакофарбового покриття в залежності від додавання розчинника до складу лакофарбового матеріалу

Після проведення випробувань розраховувалася інтенсивність зношування лакофарбового покриття.

Висновки

При проведенні робіт, пов'язаних з технологічним процесом фарбування, а також експериментальними дослідженнями використовувалося професійне обладнання та повірений вимірювальний інструмент. Вибір обладнання та інструменту відповідав вимогам існуючих стандартів і технічних умов.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Аналіз процесів тертя та зносу

І.В. Крагельським охарактеризований процес тертя і зносу, який включає в себе (рисунок 3.1) [25]:

- систему вхідних параметрів, якими можна задаватися;
- внутрішні фактори, що відбуваються при безпосередній взаємодії тіл, що труться, які складно контролювати під час реалізації фрикційного процесу;
- вихідні параметри, які фіксуються в результаті фрикційної взаємодії.



Рисунок 3.1 – Схема факторів, що впливають на фрикційну взаємодію твердих тіл

Для визначення вихідних факторів необхідно враховувати, які вхідні фактори утворюються при взаємодії поверхонь, що труться (фрикційних пар), оскільки різні фрикційні пари мають різні характеристики і властивості, які по-різному впливають на силу тертя і інтенсивність зношування.

На виникнення тих чи інших вхідних факторів впливає вид тертя і вид зношування при терті. Тертя характеризується як внутрішнє і зовнішнє. Зовнішнє тертя виникає при опорі відносному переміщенню, яке відбувається між двома тілами в зонах дотику їх поверхонь по дотичним до них. При внутрішньому терті виникає опір відносному переміщенню частинок одного і того ж тіла [25]. Таким чином, в умовах експлуатації жаток зернозбиральних комбайнів зовнішнє тертя на їх поверхнях виникає в парі «лакофарбове покриття – зернорослинна маса».

У свою чергу, зовнішнє тертя має класифікацію за наявністю відносного руху, за характером відносного руху, за наявністю мастильного матеріалу.

Виходячи з визначень видів зовнішнього тертя, у парі «лакофарбове покриття – зернорослинна маса» відбувається: за наявністю відносного руху – тертя руху, за характером відносного руху – тертя ковзання, за наявністю мастильного матеріалу – сухе тертя.

Для кількісного визначення тертя основною характеристикою є сила тертя F , яка визначається взаємодією цих поверхонь за площею істинного, або фактичного, контакту S [10, 26].

У загальному випадку сила тертя є функцією наступних параметрів зовнішнього тертя:

$$F = f(P; V; T; t; \mu), \quad (3.1)$$

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 [10]:

$$f = \frac{F}{S_n}, \quad (3.2)$$

де F – сила тертя, Н;

S_n – площа номінального геометричного контакту, см^2 .

Широко поширеною характеристикою є також коефіцієнт тертя μ , за визначенням дорівнює [10]:

$$\mu = \frac{F}{N}, \quad (3.3)$$

де N – нормальне навантаження, Н.

Поряд з питомою силою тертя f користуються поняттям тиску або питомим нормальним навантаженням P [10]:

$$P = \frac{N}{S_n}, \quad (3.4)$$

де S_n – площа номінального геометричного контакту, см^2 .

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 [3, 10].

У процесі тертя відбувається зношування, що виявляється в поступовій зміні розмірів і (або) форми тіла. Результатом зношування є знос, який визначається кількісно у встановлених одиницях [3, 9].

Знос може бути виражений як:

V – об'єм зношеного матеріалу, см^3 ;

G_m – маса зношеного матеріалу, г;

h – товщина зношеного шару, см.

Він також може бути охарактеризований наступними величинами (критеріями) [9]:

- вагова інтенсивність зношування (г/см):

$$I_q = \frac{G_m}{L}, \quad (3.5)$$

де G_m – маса зношеного матеріалу, г;

L – шлях тертя, см;

- лінійна інтенсивність зношування:

$$I_h = \frac{h}{L}, \quad (3.6)$$

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

- енергетична інтенсивність зношування (см²/кг):

$$I_w = \frac{V}{A}, \quad (3.7)$$

де V – об'єм зношеного матеріалу, см³;

A – робота тертя, Дж.

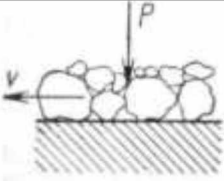
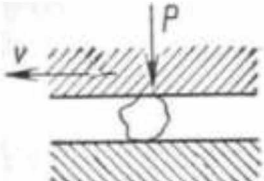
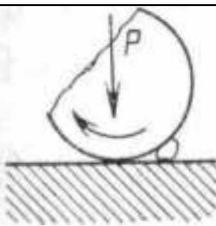
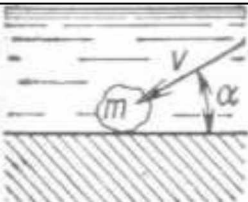
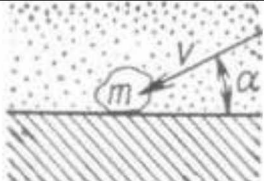
Інтенсивність зношування визначається також як відношення значення зносу до обумовленого шляху, на якому відбувається зношування, або обсягу виконаної роботи [26].

Зв'язок критеріїв зносу з фізико-механічними показниками матеріалу і зовнішніми параметрами визначається механізмом зносу в рамках певної теорії зносу [9]. Для проведення розрахунків інтенсивності зношування необхідно враховувати що виникає в процесі тертя контакт і вид зношування.

Найбільш поширеним видом зношування деталей сільськогосподарських машин є абразивний [27]. Це пов'язано з тим, що більшість деталей, особливо робочі органи машин, при експлуатації контактують з матеріалами, які викликають абразивне зношування: ґрунт, зернорослинна маса тощо. При цьому виникає висока ступінь концентрації контактних напружень, і поверхневий шар піддається інтенсивному руйнуванню. Як правило, такий вид зношування навіть при малій кількості абразивних частинок пригнічує інші види зношування з менш високим рівнем контактних напружень [27].

Види абразивного зношування деталей сільськогосподарських машин в залежності від характеру взаємодії абразивних частинок з поверхневим шаром матеріалу, в своїх наукових роботах охарактеризував М.М. Тененбаум (таблиця 3.1) [27].

Таблиця 3.1 – Види абразивного зношування деталей сільськогосподарських машин

Схема контакту абразивних частинок з поверхнями зношуваних деталей	Вид та умови зношування		Приклади зношуваних деталей та робочих органів
 I	В масі абразивних частинок	При переміщенні в ґрунтовій масі та мінеральних добрив	Плужні лемеші, культиваторні лапи, плужні відвали, польові дошки, шнеки навантажувачів добрив
 II		При переміщенню в зернорослинній масі, що містить абразивні частинки	Ножі силосозбиральних комбайнів, сегменти жаток, шнеки зернозбиральних комбайнів
 III	Контактно-абразивне	Спряжені деталей при терті ковзанням в контакті з абразивними частинками	Відкриті шарнірні з'єднання, підшипники ковзання, зуби зірочок та ланки ланцюгів
 IV		Те саме, при терті коченні	Шестерні відкритих передач
 V	Гідро- і газоабразивне	Твердими частинками в потоці рідини	Сопла та дефлектори дощувальних машин, розпилювачі оприскувачів, колеса центр обіжних насосів
 VI		Те саме, в потоці повітря	Лопатки вентиляторів, деталей систем пневмотранспортування, молотки дробарок

Проаналізувавши таблицю 3.1, можна зробити висновки, що поверхні жаток зернозбиральних комбайнів в процесі експлуатації зношуються зернорослинною масою, що містить абразивні частинки.

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

3.2. Аналіз особливостей транспортування зернорослинної маси

Транспортування матеріалів гвинтовими конвеєрами (шнеками) - складний процес, що обумовлює труднощі його математичного опису. Численні дослідження показують, що досить точно розрахувати параметри і режими роботи гвинтового конвеєра (шнека) за існуючими формулами неможливо, помилка, як правило, досягає від 15 до 60% [26].

Відомо, що продуктивність гвинтового конвеєра виражається наступним чином:

$$Q=f(D, r_0, S, \omega, \alpha, \varphi, \mu, \gamma), \quad (3.8)$$

де D – діаметр гвинта, см; r_0 – радіус вала гвинта, см;

S – крок гвинта, см; ω – кутова швидкість обертання гвинта, рад/с;

α – кут підйому гвинтової лінії по зовнішньому діаметру гвинта;

φ – кут природного укусу матеріалу, що транспортується;

μ – коефіцієнт тертя зернорослинної маси об кожух і гвинт;

γ – щільність матеріалу, що транспортується, кг/м³.

Основним недоліком існуючих методик є те, що при розрахунку різних параметрів шнекових транспортних пристроїв (продуктивності шнека, потужності приводних пристроїв і ін.) замість швидкостей матеріалів, що транспортуються визначають і використовують швидкість самого шнека. Як правило матеріал, що транспортується, розглядається як однорідне тіло з однаковими фізико-механічними властивостями, а переміщення цього матеріалу здійснюється по однорідній поверхні. Однак, на наш погляд, на

продуктивність шнеків впливають фізико-механічні властивості матеріалів, що транспортуються (наприклад, зернорослинна маса, що збирається зернозбиральними комбайнами і т.д.) і фактичний стан поверхні, по якій переміщується матеріал.

Вплив різних умов, таких як нерівномірність подачі і розподілу матеріалу між шнеком і днищем жатки, погодні умови (вологість, швидкість вітру тощо.), При яких транспортується рослинна маса, не враховуються з огляду на труднощі проведення даних досліджень.

Наступний недолік – це відсутність обліку опору, що виникає по ходу руху матеріалу (через різницю в коефіцієнтах тертя матеріалу по поверхні робочих органів жниварки зернозбирального комбайна) та наявності підпору у середній частині шнека жатки, пов'язаного зі специфікою конструкції шнека [26].

Дослідження показують, що лакофарбові покриття робочих поверхонь жаток (поверхонь днища і шнека) стираються, як правило, менш ніж за один сезон роботи зернозбирального комбайна (рисунок 3.2), покриття стирається нерівномірно, і його знос становить від декількох мікрометрів (у країв жатки) до повного стирання до середини жатки (в районі похилої камери) (рисунок 3.3) [7, 15].



а – один сезон експлуатації б – два сезони експлуатації

Рисунок 3.2 – Поверхні днища і шнека жаток зернозбирального комбайна «Вектор - 410»



Рисунок 3.3 – Поверхня днища жатки комбайна «Акрос - 530» після двох сезонів роботи

Таким чином, при наявності характерного для жаток зернозбиральних комбайнів зношування лакофарбового покриття їх робочих поверхонь матеріалом, що транспортується – зернорослинна маса фактично переміщується по різних поверхнях, що мають різні коефіцієнти тертя ковзання (наприклад, це можуть бути наступні поверхні: поверхня з емаллю, поверхня з ґрунтом, поверхню без лакофарбового покриття – метал).

3.3. Знос лакофарбового покриття при терті в парі з зернорослинною масою

При переміщенні зернорослинної маси по робочих поверхнях жатки зернозбирального комбайна виникає пара тертя «зернорослинна маса – лакофарбове покриття», і в результаті цієї взаємодії зношується лакофарбове покриття. З розділу 1 слідує, що лакофарбові покриття відносяться до твердих полімерів, які одержують шляхом нанесення лакофарбових матеріалів. Таким чином, для теоретичного уявлення зносу лакофарбового покриття робочих поверхонь жаток зернозбиральних комбайнів необхідно розглянути теорію тертя і зносу полімерів.

І.В. Крагельським були визначені види зношування полімерів: втомлювальне, абразивне, кавітаційне, ерозійне.



Рисунок 3.4 – Види фрикційних зв'язків і зношування полімерів

Пару тертя «зернорослинна маса – лакофарбове покриття» також варто розглядати з урахуванням відомих класифікацій (рисунок 2.8). Виходячи з досліджень М.М. Тененбаума [12], при переміщенні зернорослинної маси по робочих поверхнях жатки відбувається абразивне зношування лакофарбового покриття цих поверхонь. У свою чергу І.В. Крагельський, В.А. Білий, А.І. Свириденко, називають найбільш характерними видами контакту при абразивному зношуванні пружний контакт і пластичний контакт [9].

Для визначення інтенсивності абразивного зношування при пружному контакті відома формула [10]:

$$I = \frac{c_1 q (1 - \eta^2)}{E}, \quad (3.9)$$

де c_1 – константа шорсткості (характеризує поверхню);

q – контурний питомий тиск, Н/м²;

η – коефіцієнт Пуассона;

E – модуль пружності, Н/м².

При цьому контурний питомий тиск виражається наступною формулою [28]:

$$q \leq \frac{1,4HB^2(1 - \eta^2)^4}{\Delta^2 E^4}, \quad (3.10)$$

де HB – твердість по Брінеллю, МПа;

Δ – комплексна характеристика шорсткості (враховує гостроту виступів і розподіл шорсткого шару по висоті профілю).

Інтенсивність абразивного зношування при пластичному контакті визначається як:

$$I = \frac{c_2 q}{HB}, \quad (3.11)$$

де c_2 – константа шорсткості (характеризує поверхню).

З формул (3.29) - (3.11), можна зробити висновок, що інтенсивність абразивного зношування полімерів залежить в основному від твердості і шорсткості поверхні.

Фактори, що впливають на знос лакофарбового покриття робочих поверхонь жаток зернозбиральних комбайнів можна розділити на зовнішні і внутрішні. У свою чергу, зовнішні фактори можна розділити на фактори, що залежать від властивостей зернорослинної маси і залежні від умов переміщення зернорослинної маси. Якими властивостями володіє зернорослинна маса залежить від збираємої культури, а умови переміщення зернорослинної маси – від режимів роботи комбайна [12]. До внутрішніх факторів належать параметри лакофарбового покриття, що формуються на робочих поверхнях жаток, які задаються властивостями лакофарбових матеріалів і технологією фарбування.

Адгезія – основна властивість лакофарбового покриття, що визначає його довговічність. Відомо, що найкраща адгезійна міцність лакофарбового покриття досягається в основному за рахунок якості підготовки поверхні, а також вибору лакофарбових матеріалів, що наносяться. Чим ретельніше підготовлена поверхня, тим краща адгезійна міцність з поверхнею у лакофарбового покриття і навпаки.

Одним із способів зміни твердості лакофарбового покриття є додавання в лакофарбовий матеріал перед нанесенням пластифікатора.

Підвищення механічної міцності і зносостійкості полімеру при додаванні пластифікатора пов'язано з підвищенням міцності міжмолекулярних зв'язків, так як пластифікатор при додаванні в полімер грає роль поверхнево-активної речовини (ПАР). Таким чином, додавання пластифікатора призводить до збільшення площі взаємодії молекул полімеру [19, 20].

Варто відзначити, що при додаванні пластифікатора, також збільшується площа взаємодії полімеру з підкладкою, що сприяє підвищенню адгезійної міцності покриття.

Лакофарбові покриття в залежності від призначення можуть складатися з одного, двох і більше шарів. Товщина шарів, що наносяться і їх кількість регламентуються технічною документацією до лакофарбових матеріалів [25]. Міжнародний стандарт ISO 12944-5 не рекомендує перевищувати більш ніж в 2 рази максимальну товщину сухої плівки лакофарбового покриття по відношенню до його номінальної товщини. Номінальна товщина сухої плівки визначена технічною документацією і є товщиною сухої плівки, визначеної для кожного шару або для всієї системи фарбування, щоб досягти необхідного терміну служби. Максимальна товщина сухої плівки – товщина, перевищення якої може погіршити властивості шару або системи фарбування в цілому.

Перевищення максимальної товщини лакофарбового покриття призводить до збільшення внутрішніх напружень в покритті, що впливає на

передчасну появу тріщин і на довговічність покриття в цілому (рис. 3.5). Міцність лакофарбового покриття відразу після затвердіння практично не залежить від товщини і становить близько 70 МПа. Однак при старінні міцність плівок зі зростанням товщини знижується: збільшення товщини з 80 до 280 мкм призводить до зниження міцності майже в 2 рази.

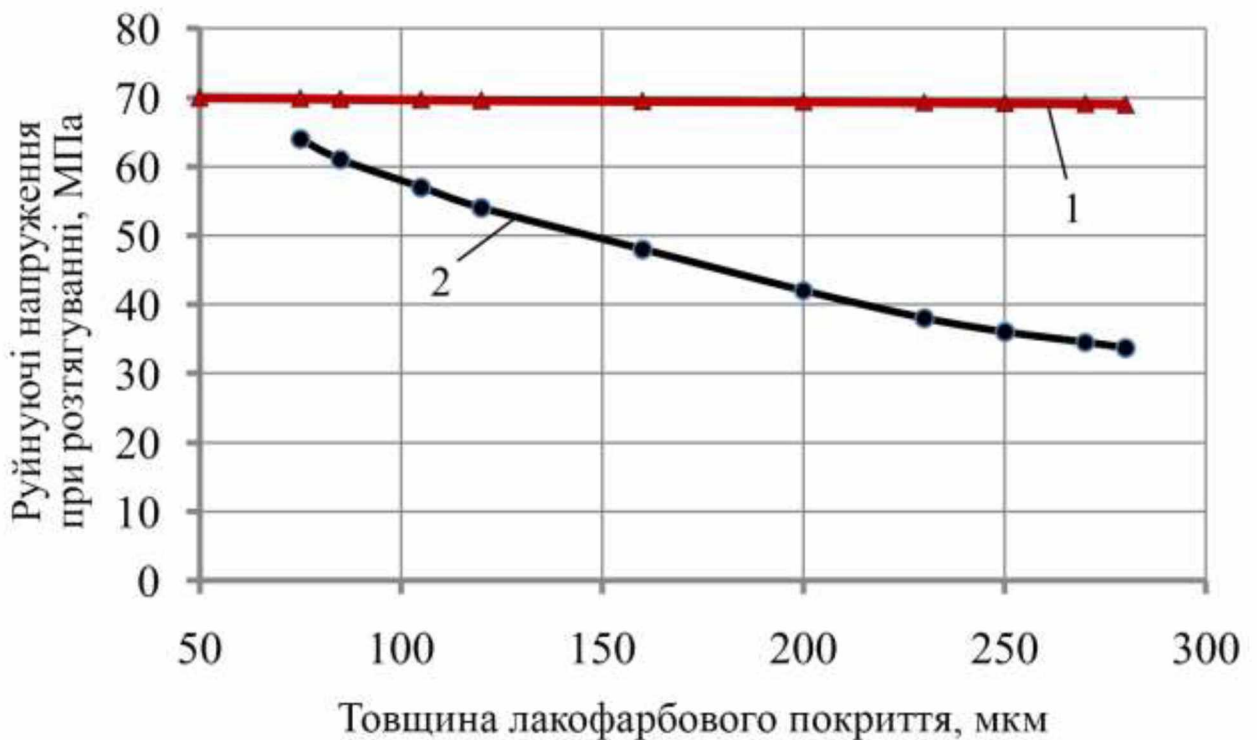


Рисунок 3.5 – Залежність руйнівних напружень при розтягуванні (σ_p) від товщини лакофарбового покриття (h) після затвердіння і після термостаріння протягом 290 год. при 110°C.

При температурі мінус 80°C покриття товщиною понад 50 мкм самочинно руйнуються, так як для цих покриттів внутрішні напруження дорівнюють руйнівним напруженням при розтягуванні. Покриття товщиною 30- 40 мкм стійкі до розтріскування навіть при температурі мінус 100°C, Так як внутрішня напруга в таких покриттях в 2 рази менше руйнівних напружень при розтягуванні.

Таким чином, перевищення максимальної товщини лакофарбового покриття суттєво впливає на його довговічність, а товщина лакофарбових

матеріалів, що наносяться є одним з важливих параметрів технічної документації.

3.4. Результати експериментальних досліджень

Як було виявлено, однією з найважливіших властивостей лакофарбового покриття, від якого залежить його довговічність, є адгезійна міцність [18]. У зв'язку з цим нами було прийнято рішення випробувати 6 обраних систем лакофарбових покриттів.

В результаті проведення випробувань (рисунок 3.6) було виявлено, що найбільш високою адгезійною міцністю (в 1,7 - 2,8 рази) в порівнянні з іншими системами володіють системи лакофарбових покриттів «акриловий ґрунт (АК070) - акрилова емаль (АК-1301)» і «епоксидний ґрунт (ЕП-057) - акрилова емаль (АК-1301)». Найгіршою адгезійною міцністю з випробуваних лакофарбових покриттів має система «акриловий ґрунт (АК-070) - пентафталева емаль (ПФ-115)» – 0,1 МПа.

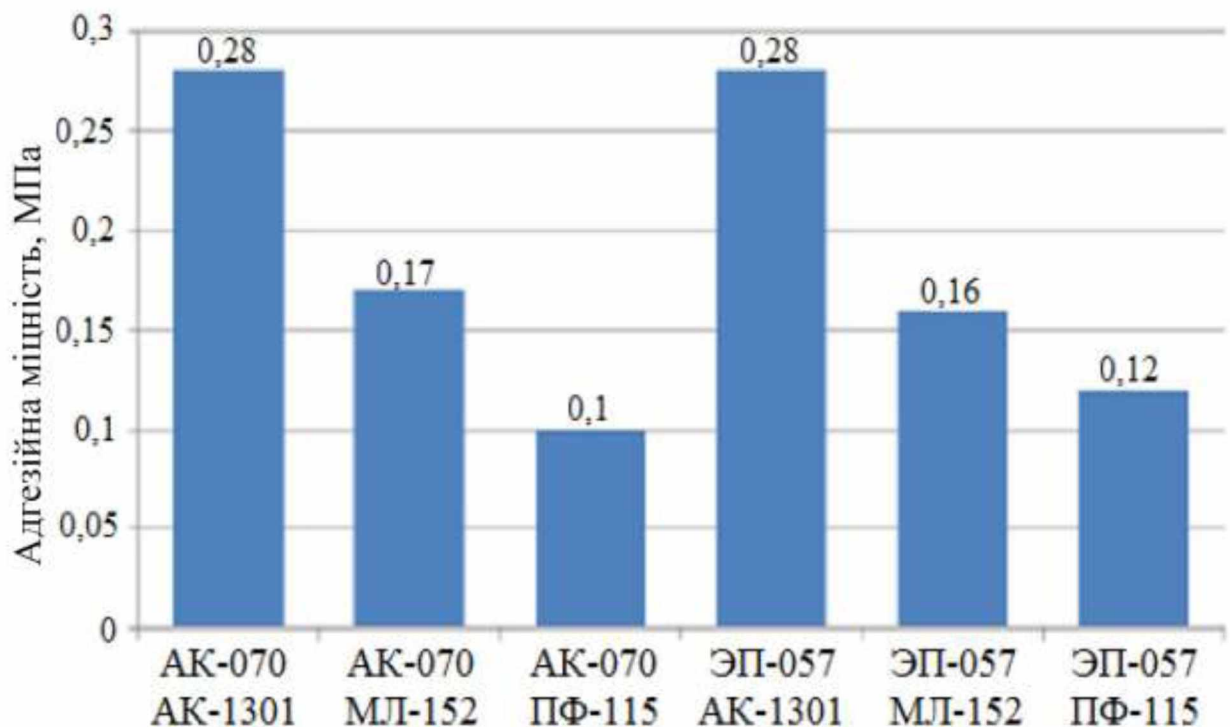


Рисунок 3.6 – Адгезійна міцність лакофарбових покриттів

Таким чином, застосування систем лакофарбових покриттів «акриловий ґрунт (АК-070) – акрилова емаль (АК-1301)» і «епоксидний ґрунт (ЕП-057) – акрилова емаль (АК-1301)» при фарбуванні робочих поверхонь жаток зернозбиральних комбайнів дозволить отримати найбільш довговічне покриття в порівнянні з іншими системами.

На міцність до стирання були випробувані 6 обраних систем лакофарбових покриттів. В результаті проведення випробувань (рисунок 3.7) виявлено, що лакофарбові покриття в системах з епоксидним ґрунтом ЕП-057 мають кращу міцність до стирання в порівнянні з покриттями, в системах яких застосовується акриловий ґрунт АК-070.

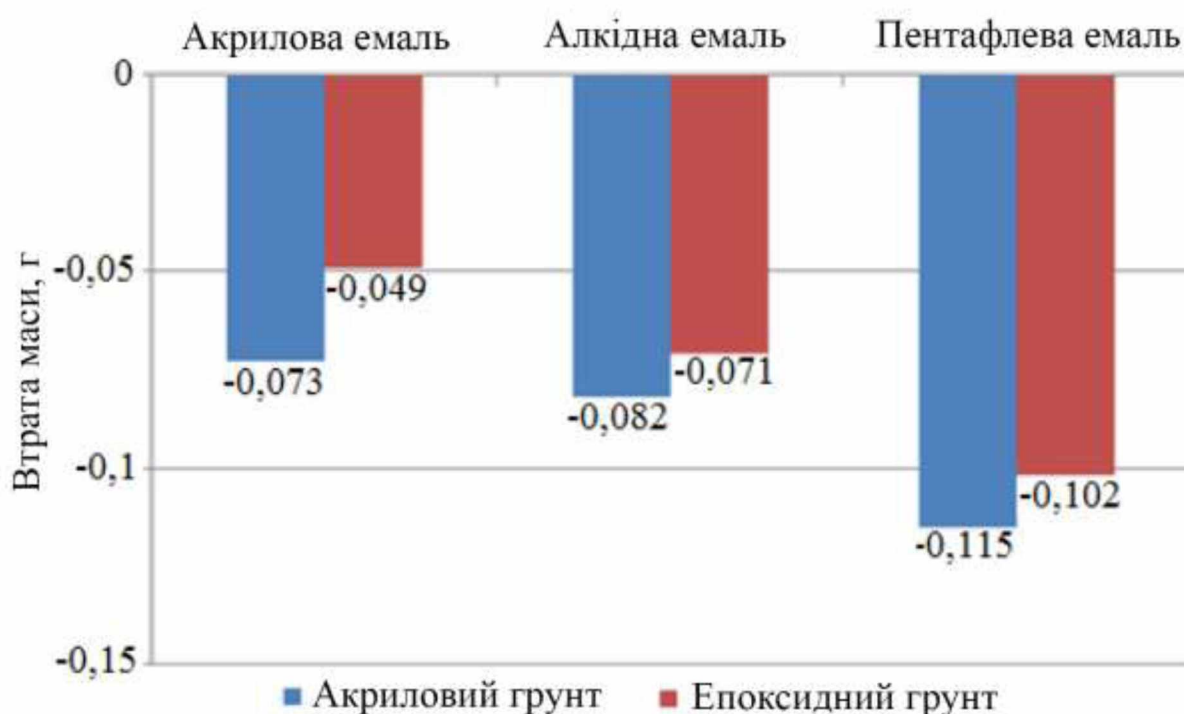


Рисунок 3.7 – Міцність до стирання лакофарбових покриттів

У свою чергу, найкращими показниками по опору стирання володіє лакофарбове покриття, отримане із застосуванням системи «епоксидний ґрунт (ЕП-057) - акрилова емаль (АК-1301)». Таке покриття володіє в 1,5 - 2,4 рази більшою міцністю до стирання в порівнянні з іншими випробуваними покриттями. Також варто відзначити, що гіршою міцністю до стирання

володіє лакофарбове покриття, що отримується при використанні системи «акриловий ґрунт (АК-070) - пентафталева емаль (ПФ-115)».

При проведенні експлуатаційних випробувань на міцність до стирання лакофарбових покриттів (рисунок 3.8) встановлено, що найбільшою зносостійкістю володіє лакофарбове покриття, отримане при застосуванні системи «епоксидний ґрунт (ЕП-057) - акрилова емаль (АК-1301)», при цьому напрацювання комбайна до повного зносу лакофарбового покриття в місцях максимального зносу (в районі похилої камери) складає 720т. Найменшою зносостійкістю із випробуваних систем має система «акриловий ґрунт (АК-070) - пентафталева емаль (ПФ-115)» з наробітком комбайна близько 250т.

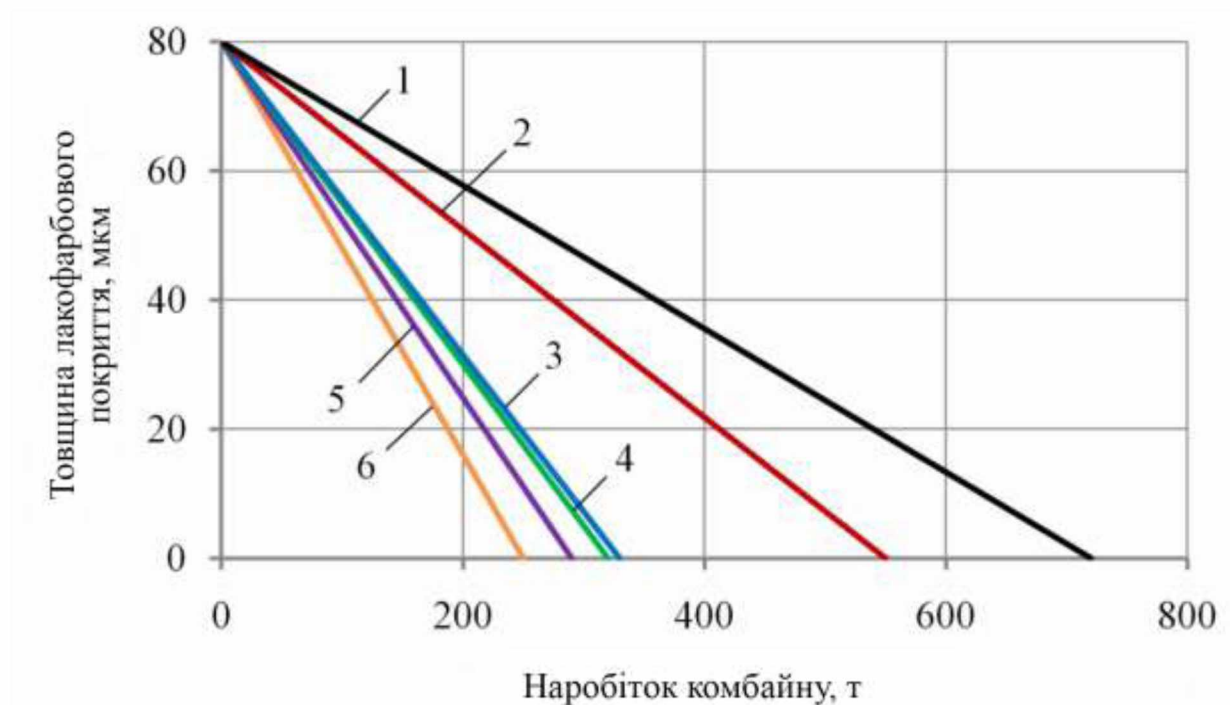


Рисунок 3.8 – Міцність до стирання лакофарбових покриттів в експлуатаційних умовах

З використанням методики розрахунку кількості лакофарбового матеріалу, на прикладі системи лакофарбових покриттів «ґрунт ЕП-057 - емаль АК-1301», визначено необхідну кількість ЛФМ і масу первинного (ґрунту) і зовнішнього (емалі) шарів одержуваного лакофарбового покриття

на випробувальних пластинах (таблиця 3.2). Розрахунки проводилися для лакофарбових покриттів товщиною 80 мкм, але з різним співвідношенням товщини первинного та зовнішнього шарів.

Таблиця 3.2 - Необхідна кількість лакофарбових матеріалів і маса одержуваних шарів лакофарбових покриттів товщиною 80 мкм на випробувальних пластинах 4 см² при різному співвідношенні первинного та зовнішнього шарів

Показник	Ґрунт 60 мкм, емаль 20 мкм	Ґрунт 40 мкм, емаль 40 мкм	Ґрунт 20 мкм, емаль 60 мкм
Кількість ґрунту, мл	0,0525	0,035	0,0175
Кількість емалі, мл	0,028	0,057	0,085
Маса сухого шару ґрунту, г	0,0384	0,0256	0,0128
Маса сухого шару емалі, г	0,0104	0,0209	0,0312

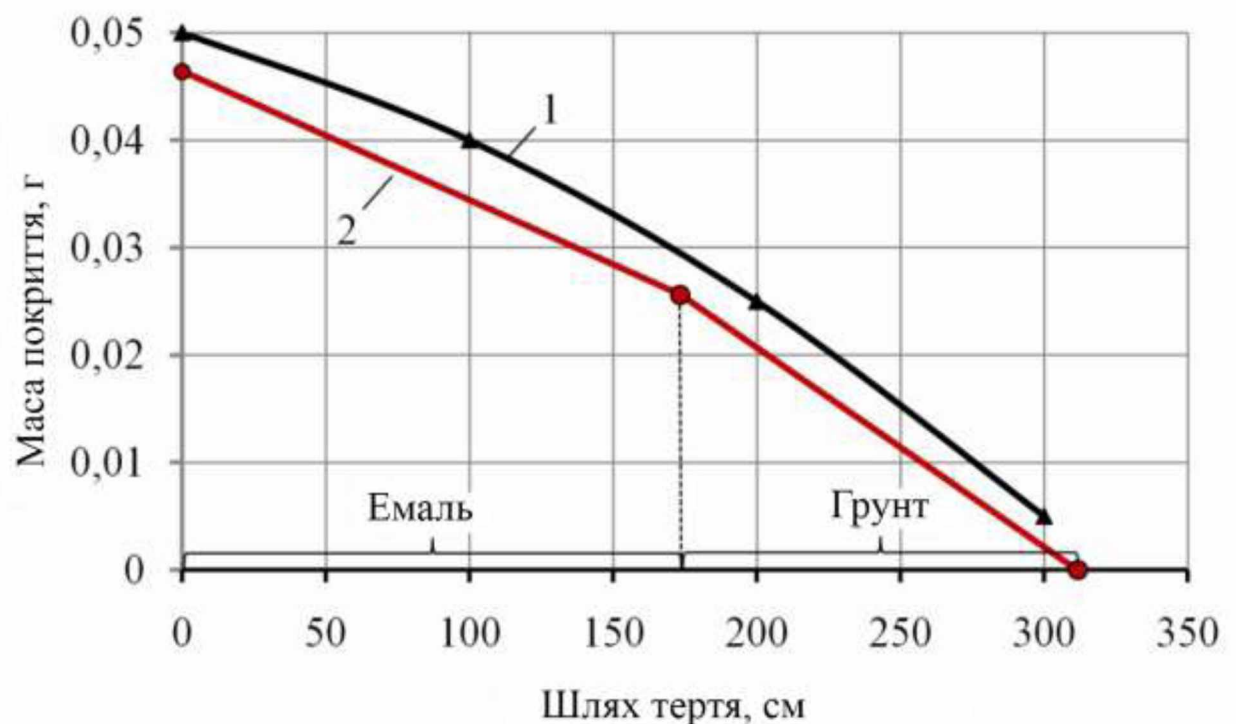


Рисунок 3.9 – Теоретична (2) і експериментальна (1) залежності зміни маси покриття (ЕП-057 - АК-1301) від пройденого шляху тертя

Аналіз теоретичної кривої показав, що тривалість роботи лакофарбового покриття (ЕП-057 - АК-1301) при товщині первинного та зовнішнього шарів по 40 мкм становить 311,7 см. Крива має характерний перегин при значенні 173,3 см, що свідчить про перехід зносу лакофарбового покриття від зовнішнього шару (емалі) до первинного (грунту). При переході зменшується кут нахилу кривої, що говорить про підвищення інтенсивності зношування лакофарбового покриття.

Експериментальна крива побудована за результатами проведених випробувань лакофарбового покриття (ЕП-057 - АК-1301) на міцність до стирання. Кут нахилу кривої змінювався при збільшенні шляху тертя, що говорить про підвищення інтенсивності зношування. Поєднання теоретичної та експериментальної залежностей показало, що максимальна розбіжність щодо діапазону зміни маси покриття не перевищує 12%, у зв'язку з цим можна говорити про адекватність прийнятої методики теоретичних розрахунків

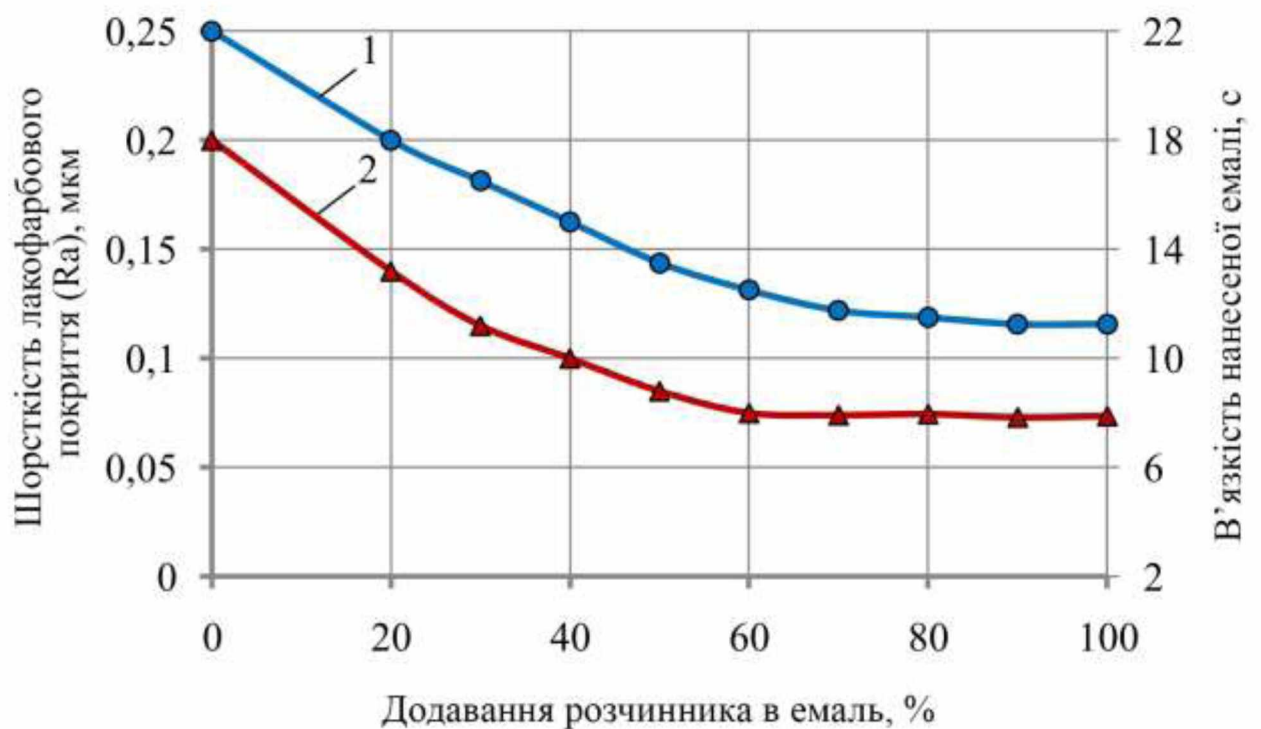


Рисунок 3.10 – Зміна в'язкості емалі (1) і шорсткості лакофарбового покриття (2) від додавання розчинника в емаль

Дослідження показали, що додавання розчинника до 60% сприяє кращому розтіканню емалі по поверхні і дозволяє досягати мінімальних значень шорсткості лакофарбового покриття. Додавання більше 60% розчинника недоцільно, так як це не призводить до істотної зміни шорсткості одержуваного покриття, а тільки збільшує матеріальні витрати.

Висновки

1. Система лакофарбових покриттів «епоксидний ґрунт (ЕП-057) - акрилова емаль (АК-1301)» володіє меншим коефіцієнтом тертя ковзання (в 1,3 - 2,5 рази), кращою адгезійною міцністю (в 1,7 - 2, 8 рази) і кращою міцністю до стирання (в 1,5 - 2,4 рази) в порівнянні з іншими випробуваними системами. Крім того, порівняльні випробування показали, що емалі в порівнянні з ґрунтами мають більшу міцність до стирання.

2. В результаті проведення експериментальних досліджень встановлено, що на інтенсивність зношування лакофарбового покриття суттєво впливають такі фактори, як твердість, шорсткість і товщина зовнішнього шару лакофарбового покриття.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведені дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю.

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні

заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газо-димових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газо-димових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Екологічні порушення (злочини) караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають встановлення чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням навколишнього середовища.

До екологічних злочинів відносять: забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту); порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричиняють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдати істотної шкоди здоров'ю людини.

Шкідливий плив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що може бути небезпечним для здоров'я людей, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи та будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва, експлуатації і ліквідації побудованих споруд тощо.

За скоєні екологічні злочини порушники несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання: порушення; порушення, що завдали значних збитків; порушення, що спричинили смерть людей (тяжкі наслідки).

Залежно від величини заподіяних збитків це можуть бути штрафи, заборона обіймати певні посади на встановлений термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

Система екологічного менеджменту в країні визначається і регламентується Закони України «Про охорону навколишнього природного середовища» Згідно з цим законом, метою державного управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища. Отже, державний екологічний менеджмент включає чотири основні функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення проведення природоохоронних заходів;

- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій екологічного менеджменту: реструктуризація виробництва, приватизація, створення конкурентного середовища і ринкового ціноутворення.

На рівні підприємства до загальних функцій управління належить:

- формування екологічної політики;
- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення та реалізація програми екологічного управління;
- формування екологічної свідомості та мотивування;
- ведення документації екологічного менеджменту;
- оперативне управління, аналіз та вдосконалення.

Виконання системоутворювальних функцій екологічної політики, визначення екологічних цілей і завдань, розроблення та реалізація екологічної програми здійснюється за допомогою екологічної експертизи. Екологічна експертиза – це науково-практична діяльність 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, дія яких впливає або може негативно впливати на стан довкілля та здоров'я людей.

Основними завданнями екологічної експертизи є визначення ступеня екологічного ризику й безпеки суб'єкта господарської діяльності; встановлення відповідності вимогам екологічного законодавства; оцінка впливу різних об'єктів на довкілля, здоров'я людей та можливих негативних екологічних наслідків.

Основними принципами екологічної експертизи є:

- гарантування безпечного життя довкілля;
- наукова обґрунтованість життя довкілля;

– державне регулювання та законність.

Державну екологічну експертизу об'єктів загальнодержавного і міжобласного значення проводить управління екологічної системи України, об'єктів місцевого значення – відділи екологічної експертизи обласних управлінь екологічної безпеки.

Законом «Про екологічну експертизу», прийнятим Верховною Радою України у 1995 р., передбачено державне регулювання і управління в галузі екологічної експертизи, статус експерта, обов'язки замовників експертизи, порядок проведення експертизи, її фінансування, відповідальність за порушення та міжнародне співробітництво [31].

Висновки громадської експертизи направляють в органи, що здійснюють державну екологічну експертизу, центральні й місцеві влади, замовникам проекту.

4.2. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1. Актуальність проблеми безпеки людини у виробничому середовищі та при надзвичайних ситуаціях

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 [32]. Безпека життя та праці сьогодні формується як наднаука, 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.

4.2.2. Вимоги безпеки при нанесенні покриттів

При нанесенні покриттів на робочі поверхні робітник має справу з різноманітними пристроями та обладнанням.

Основними технічними засобами охорони праці в цьому випадку 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, появі 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 заздалегідь передбачену необхідну кількість дверей.

Запропоновано пристосування для нанесення покриттів на поверхні зношених деталей. Характерною особливістю є використання різноманітних хімічних речовин.

Робота з такими речовинами 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.

4.2.3. Аналіз формування травмонебезпечних ситуацій

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактору 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 безпеки 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.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або

самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає, що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія (А), травма (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ.

Матеріальні системи поєднують у собі системи неорганічної природи (фізичні, хімічні, геологічні та ін.) і живі системи (клітини, найпростіші і високорозвинені організми, популяції, біологічні види, екологічні системи). Особливим класом матеріальних систем є соціальні системи (сім'я, колектив, державна політична система, суспільно-економічна формація). Ідеальною системою є поняття, гіпотеза, теорії, лінгвістичні і логічні побудови і т. ін. Штучною системою є система управління виробництвом, безпекою життєдіяльності і т. ін.

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому ці явища будуть описуватись паралельно (рис.4.1).



Рисунок 4.1 – Блок-схема формування та виникнення травмонебезпечних аварійних ситуацій

Основні небезпеки, які виникають під час нанесення зносостійких покриттів на гільзи автотракторних двигунів приведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Аналіз процесів формування травмонебезпечних ситуацій в технологічному процесі нанесення покриттів на зношені деталі

Вид робіт, виробничий підрозділ, робоче місце, виробниче обладнання, склад агрегату	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова НУ	Небезпечна дія НД	Небезпечна ситуація НС		
Приготування розчину для нанесення покриття	Розбризкування, витікання розчину НУ	Працівник доторкнувся до розчину НД	Подразнення, опік хімічними речовинами НС	Травма Т	Провести інструктаж з питань охорони праці. Робота з хімічними речовинами лише у спецодягу.
Нанесення покриття на поверхню деталі	Поява на корпусі верстата електричного струму НУ-1 Робота з рухомими частинами верстата НУ-2	Працівник доторкнувся до корпусу НД-1 Працівник доторкнувся до швидко-обертової частини верстата НД-2	Ураження електричним струмом НС-1 Механічна дія рухомої частини верстата на тіло працівника НС-2	Травма Т	Регулярна перевірка стану заземлення установки та ізоляція проводів. Встановлення захисного обладнання на верстаті. Проведення інструктажу з питань охорони праці

4.2.4. Аналіз формування умов виникнення і розвитку аварій

Ступенева логіко-імітаційна модель виникнення нещасного випадку наведена на рис. 4.2.



Рисунок 4.2 – Ступенева логіко-імітаційна модель виникнення нещасного випадку

4.2.5. Висновки щодо підвищення стану охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуацій

У розділі охорони праці кваліфікаційної роботи 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 розробок

Техніко-економічна оцінка проведена у відповідності з рекомендаціями щодо визначення економічної ефективності підвищення довговічності сільськогосподарських машин [31].

Економічну ефективність нових технологій і техніки встановлюють шляхом оцінки розміру економічного ефекту за новим варіантом в порівнянні з базовим.

В якості базової обрана технологія ремонтного фарбування, широко застосовувана на ремонтних і сільськогосподарських підприємствах країни [31]. Базовий технологічний процес включає в себе меншу кількість операцій в порівнянні з розробленим. У розробленому технологічному процесі застосовується система лакофарбових покриттів «епоксидний ґрунт (ЕП-057) - акрилова емаль (АК-1301)».

Зносостійкість лакофарбового покриття, отриманого за розробленим технологічним процесом із застосуванням системи «епоксидний ґрунт (ЕП-057) - акрилова емаль (АК-1301)», в 3,1 рази вище.

При порівнянні технологічних процесів необхідно враховувати також механічні втрати при терті, пов'язані з різним значенням коефіцієнтів тертя ковзання зернорослинної маси по лакофарбовому покритті. В даному

випадку механічні втрати при терті будуть виражені в економії палива, необхідного на переміщення зернорослинної маси по поверхні жатки.

Очікувана економія від впроваджуваної технології розраховувалася за такою формулою:

$$\mathcal{E}_{\text{вт}} = \left(\frac{\mathcal{Z}_6}{W_6} - \frac{\mathcal{Z}_p}{W_p} \right) W_p + \mathcal{Z}_{\text{мп}} \quad (4.1)$$

де $\mathcal{Z}_6$ – витрати на виконання базової технології, грн.;

$\mathcal{Z}_p$ – витрати на виконання розробленої технології, грн.;

$\mathcal{Z}_{\text{мп}}$ – витрати, пов'язані з механічними втратами, грн.;

W_6 – напрацювання лакофарбового покриття, отриманого за базовою технологією (320), т;

W_p – напрацювання лакофарбового покриття, отриманого за розробленою технологією (1460), т.

Розрахунок витрат на здійснення базової і розробленої технології проводився за формулою

$$C_y = C_k + C_{od} + C_{nd} + C_{cb} + C_{zv}, \quad (4.2)$$

де C_k – вартість виготовлення корпусних деталей, грн.;

C_{od} – витрати на виготовлення оригінальних деталей, грн.;

C_{nd} – ціна великих покупних деталей і вузлів, грн.;

C_{cb} – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на складанні конструкції, грн.;

C_{on} – загальновиробничі накладні витрати на виготовлення конструкції, грн.

Відповідно до розрахованої площі, в таблиці 4.2 представлено необхідну кількість матеріалів для здійснення фарбування по базовій і розробленій технологій, а також приведена сума витрат на матеріали. Кількість лакофарбових матеріалів розраховувалося за методикою, представленою в розділі 2.3.

Таблиця 4.2 – Витрати матеріалів на поверхню

Назва	Марка	Вартість	Базова технологія	Розроблена технологія
Шліфувальні круги, шт.	EVT	25 грн./шт.	6	6
Знежирювач, л	БР-2	87 грн./л	1,2	1,2
Стакани мірильні, шт.	–	10 грн./шт.	4	4
Ситечка для рідких ДФМ, шт.	–	8 грн./шт.	2	2
Розчинник в акриловий ґрунт, л	Р-648	88 грн./л	0,34	–
Розчинник в епоксидний ґрунт, л	Р-4	79 грн./л	–	0,24
Ґрунт акриловий, л	АК-070	158 грн./л	3,37	–
Ґрунт епоксидний + затверджувач, л	ЭП-057+№3	197 грн./л	–	2,37
Розчинник для алкідної емалі, л	Р-650	95 грн./л	0,34	–
Розчинник для акрилової емалі, л	1301	311 грн./л	–	2,5
Алкідна емаль, л	МЛ-152	261 грн./л	3,38	–
Акрилова емаль + затверджувач, л	АК-1301+1301	372 грн./л	–	6,48
Пластифікатор, л	Дибутилфталат	1284 грн./л	–	1,4
Сума затрат, грн.			1787,26	5778,05

Таблиця 4.3 – Трудомісткість виконання технологій

Операція	Базова технологія, люд.-хв.	Розроблена технологія, люд.-хв.
Підготовка поверхні	53	37
Ґрунтування	26,4	26,8
Фарбування	52,8	63,6
Підготовчі та проміжні	39,4	45,9
Поміжне сушіння	65	75
Всього	236,6	248,3

Так як мінімальна шорсткість лакофарбового покриття створюється в зоні інтенсивного зношування, різниця коефіцієнтів тертя ковзання між покриттями за базовим і розробленим технологічним процесами буде враховуватися на площі робочих поверхонь днища і шнека жатки, що становить 10 м^2 .

Для розрахунку витрати палива застосовувалася формула [21]:

$$G_p = \frac{N \cdot t_T \cdot G_y \cdot F}{P}, \quad (4.3)$$

де N – потужність двигуна, кВт;

t_T – час витрати палива, год.;

G_y – питома витрата палива, г/кВт·год;

F – завантаженість двигуна при механічних втратах, %;

P – щільність палива, г/л.

Значення потужності двигуна і питомої витрати палива прийняті з технічних характеристик комбайна «Вектор» [9], що застосовується при проведенні збиральних робіт: $N = 154,5$ кВт; $G_y = 178$ г/кВт·год. Значення щільності для дизельного палива $P = 850$ г/л [16].

За час витрати палива прийнятий період, рівний одному збиральному сезону. За один збиральний сезон напрацювання одного зернозбирального комбайна становить в середньому 700га, або 230 мотогодин (t_T) при врожайності пшениці 15-17 ц/га.

При середній робочій швидкості руху комбайна 3,7 км/год. час переміщення зернорослинної маси по поверхні жатки в місцях максимального зносу (t) складе 2,1 с.

В результаті витрата палива комбайна з покриттям по базовій технології склала:

$$G_{p.б} = \frac{154,5 \cdot 230 \cdot 178 \cdot 0,019}{850} = 141,39 \text{ л.}$$

Витрата палива комбайна з покриттям за розробленою технологією:

$$G_{p.p} = \frac{154,5 \cdot 230 \cdot 178 \cdot 0,014}{850} = 104,2 \text{ л}$$

Таким чином, проведені за формулою розрахунки дозволили визначити різницю у витратах, пов'язаних з механічними втратами при терті (Z_{III}) (економію палива), між базовою і розробленою технологіями. Економія палива складає 37,19 л, що при оптовій ціні на паливо 26,4 грн. складе в грошовому еквіваленті 980 грн. В результаті очікувана економія від розробленої технології складає 17560 грн. на одну жатку.

Висновки

Проведена екологічна експертиза свідчить, що запропонована технологія відновлення лакофарбових покриттів робочих поверхонь жаток зернозбиральних комбайнів є безпечною 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.

Економічний ефект від впровадження розробленої технології склав 17560 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Досліджено закономірності зношування лакофарбового покриття робочих поверхонь жаток зернозбиральних комбайнів. Встановлено, що особливості конструкції шнека і характер руху зернорослинної маси призводять до більшого зношування лакофарбового покриття до середини жатки.

2. Розроблено аналітичні залежності для визначення інтенсивності зношування двошарового і багатошарового лакофарбових покриттів, що дозволяють розрахувати інтенсивність їх зношування з урахуванням різної товщини шарів застосовуваних лакофарбових матеріалів.

3. Встановлено, що збільшення товщини зовнішнього шару (емалі) по відношенню до товщини первинного шару (грунту) при рівній загальній товщині всього лакофарбового покриття призводить до підвищення тривалості роботи при терті і зниження інтенсивності зношування покриття в цілому.

4. Експериментальні дослідження показали, що поетапне додавання в емаль АК-1301 розчинника (перед нанесенням другого і наступних шарів) до 60% від обсягу емалі, що залишилася після нанесення першого шару, сприяє зниженню шорсткості (з 0,02 до 0,075 мкм) і інтенсивності зношування (на 7%) одержуваного лакофарбового покриття (грунт ЭП-057 - емаль АК-1301).

5. В результаті виробничої перевірки встановлено, що зносостійкість лакофарбового покриття, отриманого за розробленим технологічним процесом із застосуванням системи «епоксидний грунт (ЭП-057) - акрилова емаль (АК-1301)» в 3,1 рази вище.