

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

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Підвищення надійності робочих поверхонь ґрунтообробних машин»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 6
Жолобецький Дмитро Олегович
Керівник: Яценко Ю. В.
Рецензент: Дудник В. В.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Одним з головних недоліків культиваторних лап є неякісне рихлення ґрунту, оскільки бокові грані діють на розпушений пласт однонаправлено. Інтенсифікація такого впливу шляхом збільшення крутизни встановлення бокових площин підвищує деформацію зсуву. Проте це негативно впливає на енергетику процесу [1].

Ступінь розпушення ґрунту культиваторною лапою визначається величиною кута кришення та шириною захвату крила. Ширину крила зазвичай виконують поступово меншою до кінця, і вона складає 30...50 мм. Тому зношені культиваторні лапи недостатньо здійснюють кришення ґрунту, оскільки не відповідають мінімально необхідним конструктивним вимогам [2].

В процесі роботи робочі органи ґрунтообробних машин контактують постійно з абразивом ґрунту, що спричиняє їх швидке зношення. У зв'язку з цим 80...90% вартості ремонту ґрунтообробних знарядь становлять витрати на запасні частини. Знизити ці затрати можливо за рахунок підвищення довговічності їх робочих органів [3].

Одним з напрямків вирішення проблеми підвищення якості обробки ґрунту є застосування додаткових розпушуючих елементів, що одержують при відновленні наплавкою з твердих зносостійких покриттів, що дозволяють одночасно підвищити довговічність [4].

Застосування дугового наплавлення дозволить відновити ресурс зношених культиваторних лап до ресурсу нових, підвищити довговічність нових культиваторних лап. Спеціальні способи нанесення зносостійких покриттів дозволить змінювати геометрію робочої поверхні культиваторної лапи та покращують характеристики робочого органу [5].

Такий комплексний підхід в умовах, що склалися, є перспективним ресурсозберігаючим напрямком підвищення довговічності культиваторних лап з одночасним покращенням їх агротехнічних та характеристик міцності [6].

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Характер зношування культиваторних лап

В процесі розпушення ґрунту відбувається зміна розмірів лап, що призводить до зміни їх форми та спричиняє зношення лез культиваторних лап і, тим самим, їх затуплення, що сприяє збільшенню тягового опору. Зміна вказаних параметрів призводить до зміни величини та напрямку діючої сили R_{zx} (рис. 1.1) [7].

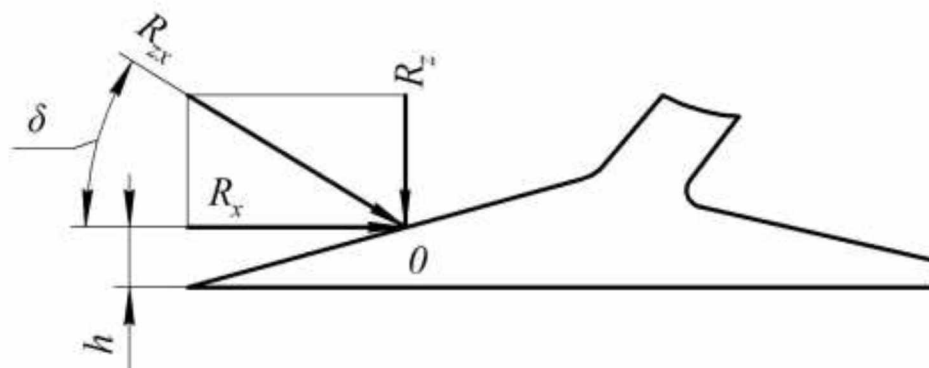


Рис. 1.1 - Схема дії сил на стрілочасту лапу

Вертикальна складова R_z викликає виглиблення культиваторної лапи, а горизонтальна R_x сприяє збільшенню тягового опору. Відношення цих сил (коефіцієнт m) може змінюватися в широких межах в залежності від твердості ґрунту, глибини його обробки та гостроти ріжучого елемента (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Значення кута δ та коефіцієнту $m = \frac{R_z}{R_x}$

Умови експлуатації	Глибина обробки, см	δ , град.	m
1. Вища вологість ґрунту, гостре лезо товщиною до 0,5 мм	10...12	22...28	0,40...0,54
2. Твердий сухий ґрунт, затуплене лезо товщиною до 1,5 мм	10	0...-12	0...-0,2

Величина тягового опору залежить від наступним параметрів: розмірів і форми робочих органів, фізико-механічних властивостей оброблюваного ґрунту, глибини обробки, швидкості руху агрегату [8].

Зношування леза культиваторних лап в більшості залежить від вологості ґрунту. Як відмічає автор [9], при високій вологості (20-28%) загальний знос робочого органу значно знижується, оскільки ґрунт стає більш розпушеним. При обробці вологого і розпушеного ґрунту інтенсивність зношування знижується, при цьому верхня грань леза зношується несуттєво [10].

При суцільному обробітку ґрунту зношування робочої поверхні культиваторної лапи викликає збільшення опору агрегату на 20-30% в порівнянні з новими [11].

Культиваторні лапи зберігають роботоздатність до тих пір, поки їх конструктивні параметри знаходяться в допустимих межах, що забезпечують виконання заданих функцій. Критерієм їх граничного стану є конструктивна ознака, що спричиняє перехід робочого органу в неробочий стан.

В таблиці 1.2 наведені критерії граничних станів.

Таблиця 1.2 - Критерії максимальних граничних станів культиваторних лап [12]

Зовнішні ознаки	Важливість ознаки граничного стану, %	Вплив на функціональні якості та надійність машин
1. Знос носка лапи по довжині	36	Зниження глибини обробки, пошкодження стійки, збільшення тягового опору, підвищення зносу хвостової частини лапи и головок болтів
2. Знос лапи по ширині зі зменшенням ширини леза	25	Зниження міцності лапи та ступеня підрізання бур'янів

При досягненні зносу носка стрілкової лапи до 30 мм (граничне значення) відбувається зношування стійки та кріпильних болтів, що значно збільшує тяговий опір та нерівномірність ходу по глибині обробки.

Інтенсивність зношування культиваторних лап настільки висока, що в ряді випадків їх доводиться відновлювати через 2...3 год. роботи.

Проведений аналіз зношування культиваторних лап дозволяє виділити три основних фактора, що впливають на знос:

- абразивний склад ґрунту;
- щільність ґрунту;
- фізико-механічні властивості матеріалу деталі.

Застосування ефективних методів відновлення (виготовлення) культиваторних лап дозволить підвищити якість обробки ґрунту та їх довговічність.

1.2. Способи зміцнення відновлювальних деталей

Відновлення зношених деталей дозволяє повторно використовувати деталі, що вичерпали свій ресурс, завдяки застосуванню ефективних технологій відновлення. Дослідження взаємодії абразиву з поверхнею робочого органу показують, що для підвищення довговічності необхідно підвищити абразивну зносостійкість.

Термічна обробка матеріалу може забезпечити ефективне підвищення зносостійкості деталей при невеликих швидкостях руху робочих органів ґрунтообробних машин [13, 14].

Сучасна техніка володіє різними методами підвищення строку служби та зміцнення деталей. Обсяг таких робіт безперервно зростає, разом з цим зростає номенклатура матеріалів та способів.

Підвищенню довговічності деталей ґрунтообробних машин сприяє застосування легованих сплавів, які знижують корозійно-механічне руйнування.

При роботі деталей на піщаних ґрунтах їх зносостійкість може бути підвищена застосуванням псевдосплавів.

Існує ряд розробок в підвищенні довговічності деталей за кордоном. В Німеччині в Центральному інституті зварювальної техніки (м. Галле) за допомогою ЕВМ проведені дослідження по вибору оптимального способу наплавлення зносостійких покриттів, які дозволили пояснити його методику та можливості застосування. Науково-дослідний центр (м. Шарлоттенталь) розробляє нові технологічні процеси відновлення зношених деталей зварюванням, наплавленням, металізацією, пластичним деформуванням, полімерними матеріалами, а також технології механічної обробки відновлених деталей.

Основні способи зміцнення та відновлення деталей на ремонтних підприємствах США та деяких інших країн – наплавлення та металізація.

В літературі присутні деякі дані по відновленню культиваторних лап наплавленням наморожуванням на заготовку [15]. Суть технології полягає в подачі порції розплавленого зносостійкого сплаву в зазор між наплавлюваною поверхнею заготовки та стінкою форми. Попередньо заготовку нагрівають до 850...950°C. Після заповнення форми відбувається затвердіння присадочного сплаву з утворенням зносостійкого шару.

В ремонтному виробництві знаходить деяке застосування наплавлення сплавом Сормайт, що забезпечує одержання на лезі ґрунтообробного органу міцного шару рівномірної товщини. Недолік цього методу – низька продуктивність [16].

В літературі [17] описано магнітоелектричний спосіб зміцнення, що базується на електроіскровому нанесенні феромагнітних порошоків в магнітне поле.

Підвищення зносостійкості робочих органів сільськогосподарських машин забезпечується точковим зміцненням, розробленим в ГСКТБ «Одессапочвомаш» спільно з ІЕЗ ім. Є.О. Патона [18]. При цьому методі здійснюється дугова точкова наплавка на основний метал зносостійкого матеріалу – порошкового дроту. Даний метод підвищує строк служби деталей, проте вартість культиваторних лап, що відновлені цим методом, значно вища.

Не дивлячись на важливість питання відновлення та зміцнення робочих органів культиваторів, вказані методи з огляду на високу складність та вартість обробки не знайшли поки належного застосування в ремонтному виробництві.

Застосування зміцнюючих технологій сприяє підвищенню експлуатаційних властивостей відновлювальних деталей, а отже, їх довговічність.

1.3. Метод відновлення армуючою наплавкою

При виборі методу відновлення деталей слід виходити з необхідності відновлення геометричних розмірів, а також властивостей їх поверхонь, які отримують знос в процесі експлуатації. Одним з ефективних способів відновлення та зміцнення зношених поверхонь деталей є наплавка. Наплавка являє собою зварювання плавленням, в процесі якої на поверхню деталей наноситься шар металу необхідного складу. Класифікація наплавки представлена на рис. 1.2.

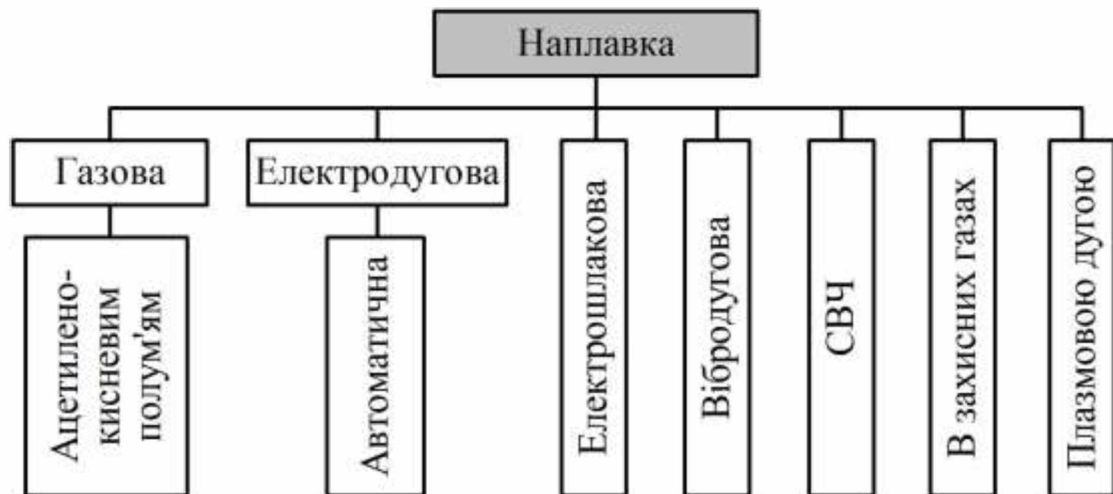


Рис. 1.2. Умовна класифікація способів наплавки

Наплавки розрізняються по ступеню механізації робіт, по джерелу енергії, по використаним електродам і захисним середовищам, по місцю отримання металевого розплаву, по виду струму та ін.

Аналіз способів, проведений на основі літературних досліджень та досвіду ремонтних підприємств дозволяє зробити висновок про те, що в загальному обсязі робіт по відновленню деталей ведуче місце займає дугова наплавка [19].

Деталі, які в абразивному середовищі швидко зношуються, а також деталі, які мають високу твердість, рекомендується наплавляти електродами типу Т-590, Т-620. Вони дозволяють без термічної обробки одержувати твердість металу до HRC 57...63.

Показники основних методів наплавки наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Показники основних методів наплавки

Метод наплавки	Продуктивність		Товщина наплавленого шару, мм	Вага основного металу в наплавленому шарі, %
	кг/год.	см ² /мм		
1. Ручна газова	0,15-2	1-3	0,35-0,40	5-30
2. Ручна дугова	0,4-4	8-14	0,5-4,0	20-40
3. Вібродугова	0,5-4	8-22	0,3-3,0	8-20
4. В середовищі CO ₂	1,5-4,5	18-36	0,5-3,5	12-45
5. Плазмова	2-12	45-72	0,2-5,0	5-30
6. Під шаром флюсу	2-15	16-24	0,8-10	27-60

Технологічний процес відновлення та зміцнення зношених деталей наплавкою представлений наступною схемою (рис. 1.3).



Рис. 1.3 - Загальна технологічна схема наплавки

При наплавленні нових деталей застосовують таку ж схему, але в ній відсутні операції відпалювання, очищення та підготовки до наплавки. В деяких випадках перед наплавленням деталі підігрівають з метою попередження утворення тріщин. Температура підігріву залежить від хімічного складу основного та наплавлюваного металу.

Технологію наплавки слід вибирати у відповідності з конструктивними особливостями деталей.

Якість наплавки залежить від якості вихідних матеріалів, режиму наплавки. Тому при наплавочних роботах здійснюють попередній, поточний і кінцевий контроль.

Для підвищення довговічності деталей застосовують різні способи поверхневого зміцнення: механічне, термічне, лазерне, електромеханічне та ін.

Механічний спосіб полягає в тому, що при взаємному відносному переміщенні обробного інструменту та оброблюваної деталі, нерівності поверхні деталі деформуються, спричиняючи зміцнення її матеріалу.

Суть ультразвукового зміцнення полягає в ударній дії інструменту на зміцнювану поверхню, який вібрує з частотою ультразвуку та певною амплітудою [20].

Підвищенню довговічності деталей, що працюють в абразивному середовищі, сприяє також вібраційне зміцнення їх поверхонь [21].

Основними способами термічної обробки є відпал, нормалізація, гартування та відпуск.

Лазерне зміцнення полягає у впливі лазерного випромінювання на поверхню деталі, внаслідок чого змінюється мікроструктура обробляемого матеріалу.

Суть електромеханічного зміцнення полягає в поєднанні термічного і силового впливу на поверхневий шар деталі. При обробці через місце контакту інструменту і деталі пропускають струм великої сили та низької напруги. При цьому мікронерівності деталі сильно нагріваються і під тиском обробного інструменту деформуються та згладжуються.

При електродуговій наплавці зміцнення матеріалу деталі забезпечується проплавленням основного матеріалу по лініям «армування». При охолодженні наплавленого матеріалу від температури кристалізації до нормальної температури утворюються стискаючі напруження. При цьому відбувається післязварювальна деформація, що викликає одержання більш міцної структури основного матеріалу [22].

Залишкові напруження в поверхневих шарах деталей суттєво впливають на їх експлуатаційні властивості та перш за все на їх динамічну міцність при циклічних навантаженнях.

Залишкові напруження стискання корисні оскільки сприяють підвищенню міцності деталей, а напруження розтягнення послаблюють їх міцність, викликають виникнення тріщин та призводять до руйнувань [23].

Залишкові напруження здійснюють також вплив на зносостійкість робочих поверхонь деталей та їх корозійну стійкість.

При поверхневому гартуванні СВЧ на поверхні зони, загартованої на мартенсит та з високою твердістю, зберігаються стискаючі напруження, які досягають 700-800 МПа [24].

Висновки, мета і завдання досліджень

Вивчення літературних джерел та їх аналіз дозволяє зробити наступні висновки:

– приведені літературні дані про застосовані технології відновлення свідчать про недостатню їх ефективність, внаслідок чого вони не одержали поки широкого застосування;

– метод підвищення зносостійкості стрілочастих лап армуючою наплавкою їх поверхонь, що застосовується в машинобудуванні, не знайшов належного застосування в ремонтному виробництві при їх відновленні через відсутність достатніх даних по його використанні.

На основі аналізу даних літературних джерел поставлена мета: підвищити зносостійкість стрілчастих лап армуючою наплавкою їх робочих поверхонь.

Для реалізації поставленої мети в даній роботі поставлені наступні задачі.

1. Провести аналіз та виявити причини відмови стрілчастих культиваторних лап та оцінити їх довговічність.
2. Виконати оцінку зносостійкості лап при різних технологічних процесах їх відновлення.
3. Обґрунтувати оптимальні параметри технологічного процесу відновлення стрілчастих лап армуючою наплавкою їх робочих поверхонь.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методика проведення лабораторних досліджень на зносостійкість покриття

Об'єктом досліджень є покриття, нанесене способом ручної електродугової наплавки електродом Т-590 на матеріал культиваторних лап.

Технологічні характеристики процесу наплавки наступні. Перед наплавкою з поверхні деталі (лапи) були видалені забруднюючі продукти. Наплавку проводили електродами діаметром 4 мм марки Т-590 при постійному струмі ($I = 200 \text{ A}$) зворотної полярності. Горіння дуги було стійке, без затухання. Наплавлений шар гладкий, без пор, раковин та слідів розбризкування. Відшарування та непровару не було.

Зразки виготовлялись з одно- та послідовно двошаровим наплавленням. При одношаровій наплавці товщина наплавленого шару складала 3 мм, а при двошаровій – 5,5 мм. Товщина основного металу була 8 мм. Після наплавки деталь охолоджувалась на повітрі.

Мікротвердість наплавленого шару визначали за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3 при навантаженні 100 г на мікрошліфі зразка, вирізаного з наплавленої деталі.

Визначення коефіцієнту тертя проводили на машині тертя 2070 СМТ-1 (рис. 2.1).

Мікрометраж товщини ріжучої кромки культиваторних лап проводили мікрометром МКЦ-25 з цифровим відліковим пристроєм з точністю – 0,001 мм, а вимірювання основних кутів культиваторної лапи проводили цифровим кутоміром з точністю - 5'.



Рис. 2.1 - Машина тертя 2070 СМТ-1

2.2. Методика дослідження зразків на фізико-механічні властивості

Наплавку контрольних зразків проводили в лабораторії зварювання кафедри «технології та засоби механізації аграрного виробництва» із застосуванням режимів наплавки та наплавлювальних матеріалів для одержання зносостійкого покриття.

Зразки для фізико-механічних випробувань виготовляли наступних розмірів (табл. 2.1). Ескізи зразків показані на рис. 2.2.

Таблиця 2.1 - Розміри досліджуваних зразків

Розміри, мм			
Товщина основного металу	Ширина робочої частини зразка	Довжина робочої частини зразка l	Загальна довжина зразка L
8	20	80	121



Рис. 2.2 - Зразки для фізико-механічних випробувань

На виготовлених зразках не спостерігалось видимих дефектів наплавлення (пор, шлакових включень, грубих рисок від обробки).

Випробування на твердість по Роквелу наплавлених зразків проводили на приладі ТК (рис. 2.3).



Рис. 2.3 - Прилад ТК для визначення твердості по Роквелу

Випробування зразків на розтяг та згин проводили на розривних машинах Р-5 та Р-50 (рис. 2.4 та 2.5).



Рис. 2.4 - Машина розривна Р-5



Рис. 2.5 - Машина розривна Р-50 для проведення випробувань на згин

2.3. Методика порівняльних польових досліджень культиваторних лап

Польові випробування проводяться з метою визначення ефективності прийнятого методу відновлення культиваторних лап. Випробуванням піддавались нові та експериментальні культиваторні лапи (рис. 2.6).

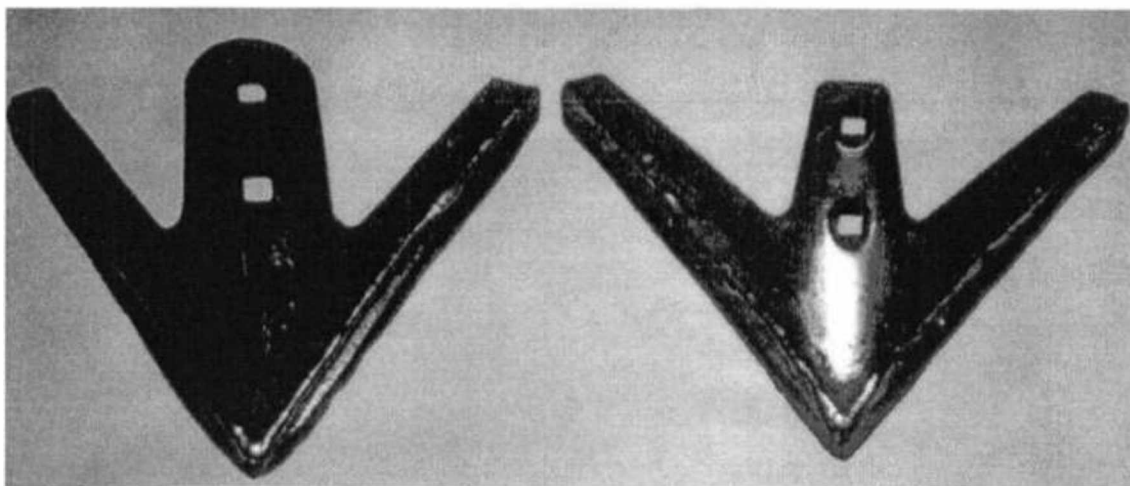
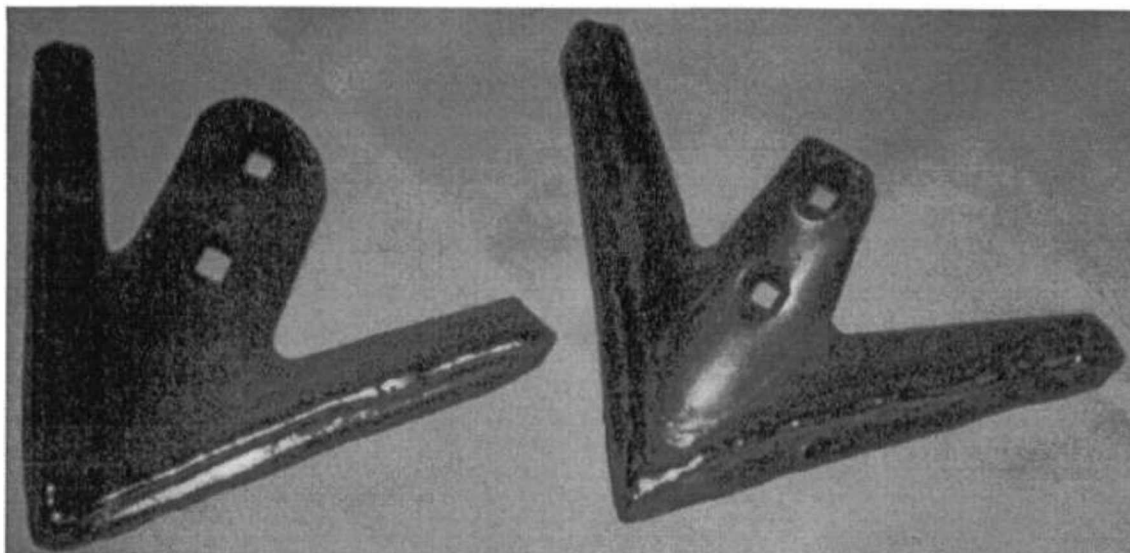


Рис. 2.6 - Експериментальні культиваторні лапи

Склад агрегату – Т-150К + 2КПС-4; мінімальна швидкість руху – 6 км/год., максимальна – 12 км/год.; мінімальна глибина обробки – 6 см, максимальна – 14 см.

На рис. 2.7 показані культиваторні лапи, що були встановлені на агрегат.

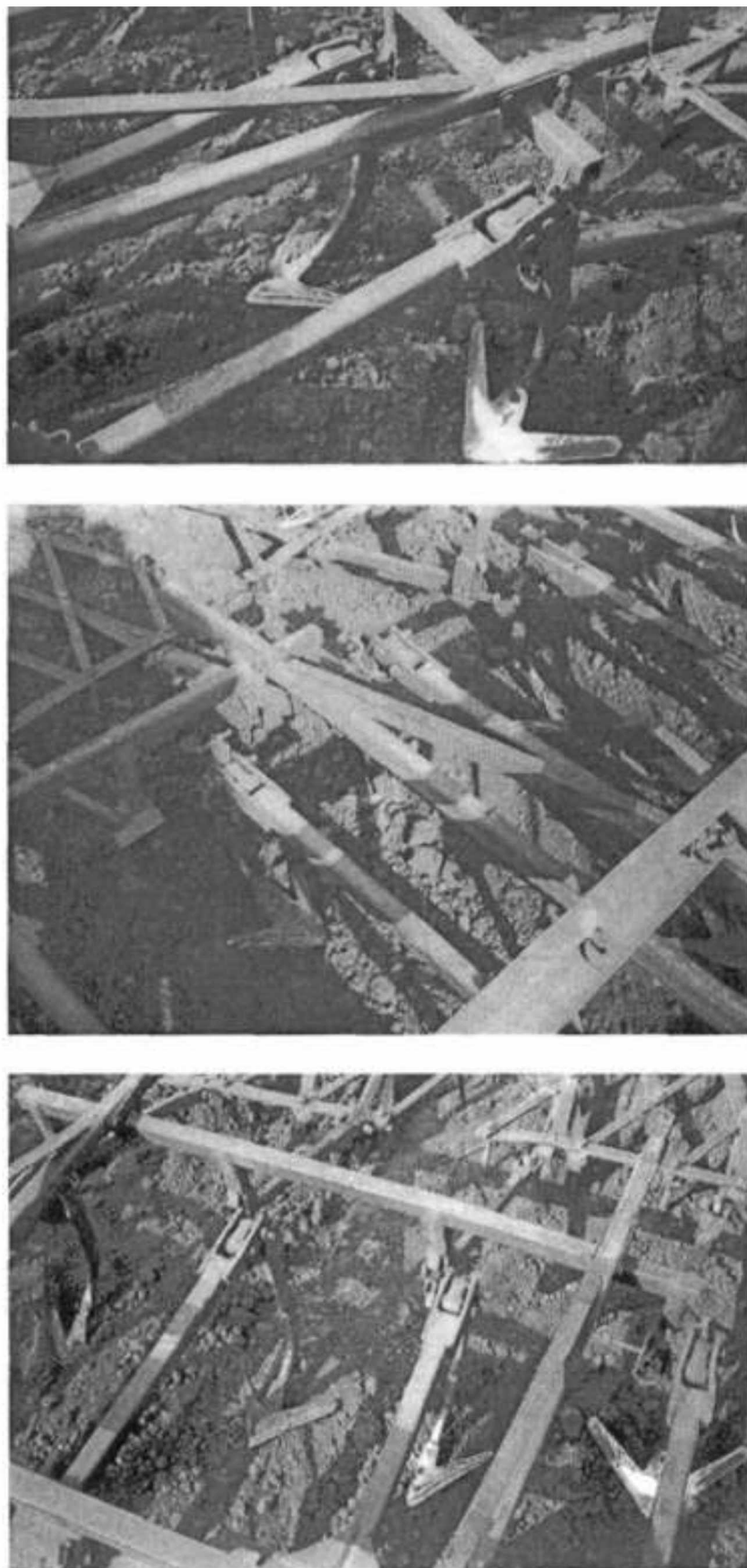


Рис. 2.7 - Встановлення культиваторних лап на гряділі

Заміри основних геометричних параметрів культиваторних лап проводили по схемі (рис. 2.8).

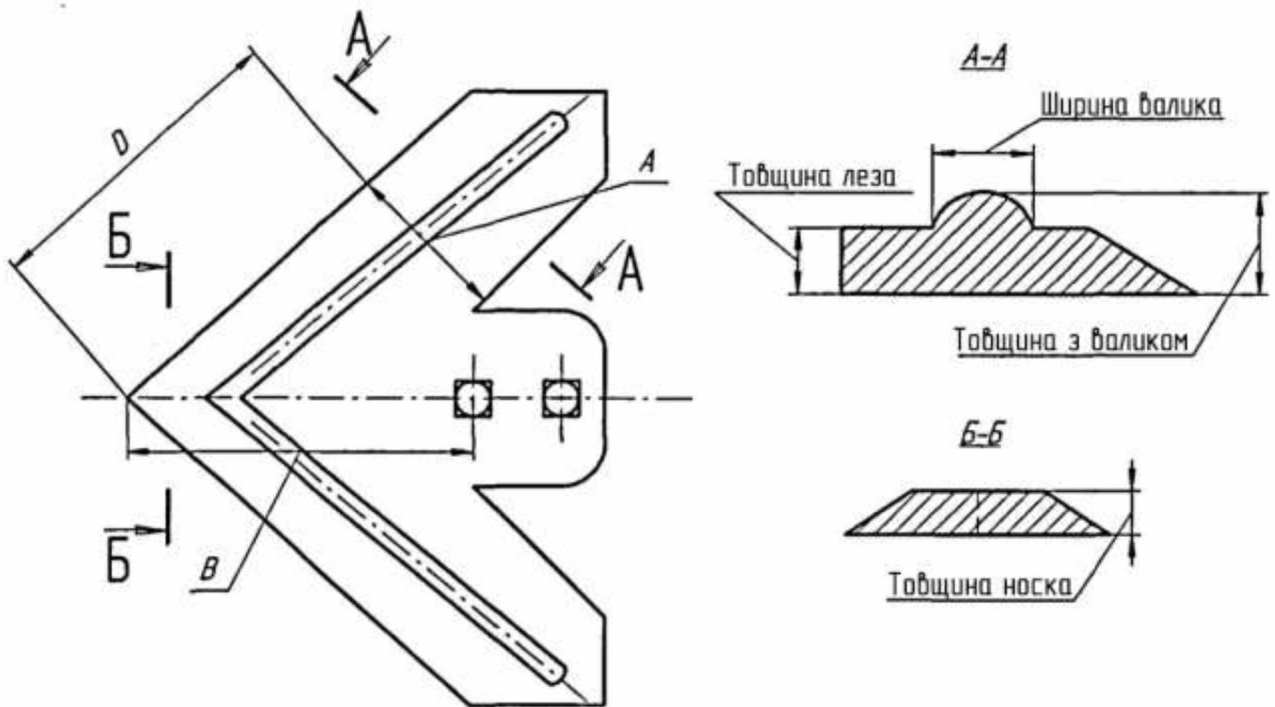


Рис. 2.8 - Основні контрольовані геометричні параметри: A – ширина крила в середній частині; B – відстань від носка до отвору; D – відстань від носка до точки вимірювання ширини крила

Експеримент проводився при різній глибині обробки ґрунту. Величину зношування визначали ваговим методом та заміром основних контрольованих розмірів.

Висновки

1. Розроблена методика проведення порівняльних досліджень ріжучих елементів стрілочастих культиваторних лап.
2. Для визначення параметрів технологічного процесу відновлення культиваторних лап та оцінки їх зносостійкості розроблена методика експериментальних досліджень з оцінкою їх довговічності.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ) ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Моделювання динаміки абразивного зношування елементів леза

Динаміка абразивного зношування елементів леза, що виконують рихлення ґрунту не повністю розкрита. Зокрема, відсутня математична модель абразивного зношування та деформування параметрів ріжучих елементів [25].

Моделювання процесу абразивного зношування ріжучих елементів та формування їх оптимальних конструктивних розмірів є важливим завданням в проблемі підвищення їх довговічності.

Оскільки зношування поверхонь робочих органів ґрунтообробних машин в результаті тертя є випадковим процесом, то їх знос можна описати диференціальним рівнянням [26]:

$$\frac{dI}{dt} = \varphi(I, t) + \psi(I, t)\xi(t), \quad (3.1)$$

де $I(t) = \frac{u(t)}{u_{np}}$ – функція відносного зношування;

$u(t)$ – поточний знос;

u_{np} – граничний знос;

$\varphi(I, t)$ и $\psi(I, t)$ – функції, що характеризують інтенсивність зношування;

$\xi(t)$ – випадкова складова;

t – тривалість зношування.

Густина розподілу довговічності визначається величиною зносу відповідно з однорідним процесом Маркова:

$$f(t) = \int_0^{\infty} g(t)\gamma(t - t_0)dt, \quad (3.2)$$

де $g(t)$ – густина розподілу вірогідності перерізу досліджуваного процесу допустимим значенням зносу;

$\gamma(t - t_0)$ – густина розподілу початкової стадії процесу зношування.

Закон розподілу зношування ріжучих елементів може бути визначеним по залежності (3.3), одержаної сумісним вирішенням рівнянь (3.1) і (3.2):

$$g(t) = -\frac{\partial I}{\partial t} \int_{-\infty}^t (I_0, t_0, I, t) dt. \quad (3.3)$$

Величина зношування елемента робочої поверхні ріжучого елемента може бути визначена по залежності:

$$\Delta u(\Delta t) = u\left(\frac{S}{t_1}\right) - u\left(\frac{S}{t_2}\right), \quad (3.4)$$

де $u\left(\frac{S}{t_1}\right), u\left(\frac{S}{t_2}\right)$ – відповідно, випадкові функції, що характеризують знос

елемента поверхні в момент часу t_1 і t_2 ;

$\Delta t = t_1 - t_2$ – тривалість зношування;

S – шлях тертя.

Математичне очікування та дисперсія при цьому будуть дорівнювати:

$$M_u = M\left[u\left(\frac{S}{t_1}\right)\right] - M\left[u\left(\frac{S}{t_2}\right)\right]; \quad (3.5)$$

$$\sigma_u^2 = \sigma^2\left[u\left(\frac{S}{t_1}\right)\right] + \sigma^2\left[u\left(\frac{S}{t_2}\right)\right]. \quad (3.6)$$

При спільному вирішенні рівнянь (3.2) – (3.6) знаходимо густину величини зносу:

$$f_u(t) = \frac{1}{I_2 t \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1 - I_1 t^2}{2I_2^2 t^2}\right], \quad (3.7)$$

де
$$I_1 = \frac{M_u}{\Delta t \Delta u_0}; \quad (3.8)$$

$$I_2 = \frac{1}{\Delta u_0} \cdot \frac{\sigma_u}{\sqrt{\Delta t}}, \quad (3.9)$$

де Δt – тривалість роботи до допустимого зносу.

Крива густини розподілу величини зношування ріжучого елемента нової культиваторної лапи показана на рис. 3.1.

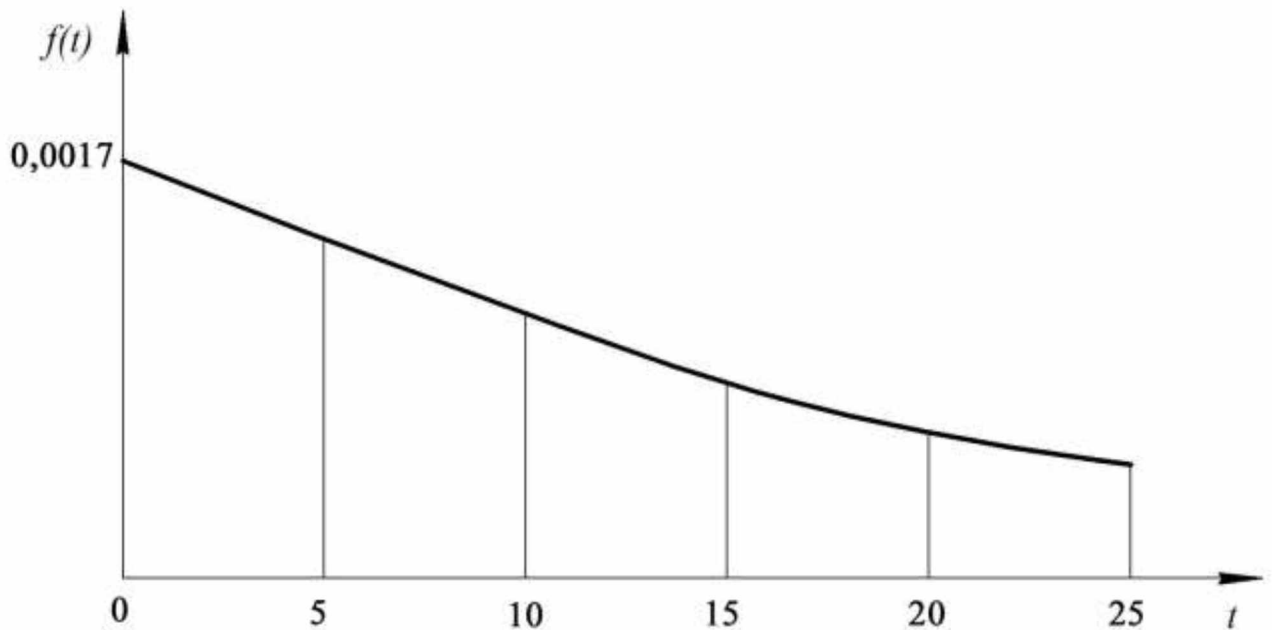


Рис. 3.1 - Крива розподілу густини величини зношування ріжучого елемента

Густина розподілу зносу ріжучої кромки леза культиваторної лапи є випадковою величиною і підпорядковується закону нормального розподілу.

3.2. Вплив тертя при деформуванні ріжучих елементів

Обробка тиском спричиняє зміну властивостей в деформованому матеріалі робочого органа. Для підвищення його довговічності міцність приконттактних шарів повинна бути більша, ніж в інших зонах об'єму тіла. Це пов'язано з впливом на них деформацій зсуву та змінання гребенів в процесі

роботи. Сила тертя, що виникає при цьому без урахування сили молекулярної взаємодії може бути визначена по наступній формулі:

$$T = fN, \quad (3.10)$$

де f – коефіцієнт тертя.

Оскільки в поверхневому шарі діє опір зсуву, то сила тертя може бути визначена:

$$T = \tau_0 F_K + kN, \quad (3.11)$$

де τ_0 – опір зсуву в поверхневому шарі;

F_K – площа контакту;

$k = d\tau/d\sigma_n$ – коефіцієнт.

Розділивши обидві частини рівняння (3.10) на повну поверхню опору T , одержимо:

$$\frac{T}{F} = f \frac{N}{T}, \quad (3.12)$$

де $\frac{T}{F} = \tau$ – середнє напруження тертя;

$\frac{N}{T} = \sigma_n$ – нормальне напруження.

3.3. Вплив зносостійкого матеріалу, наплавленого по технології «армування», на твердість основного матеріалу

Дослідженнями встановлено, що середня мікротвердість наплавленого шару складає при одношаровій наплавці 930 кг/мм^2 та при двошаровій – 1230 кг/мм^2 . Мікротвердість основного матеріалу складала 290 кг/мм^2 . Таким чином, твердість ріжучої кромки матеріалу робочого органу після наплавки зростає в $3,2 \dots 4,2$ рази.

На рис. 3.2 показана зміна мікротвердості по глибині наплавленого шару.

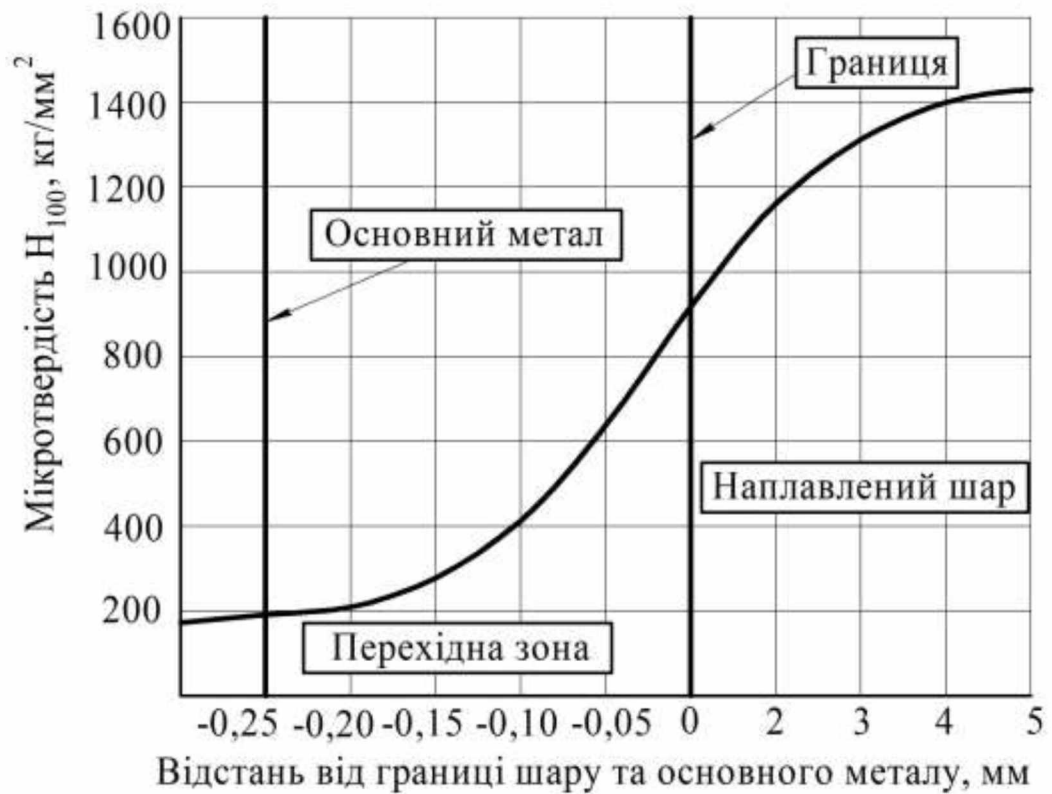


Рис. 3.2 - Зміна мікротвердості по товщині наплавленого шару

Плавне зниження твердості в перехідній зоні забезпечує еластичне з'єднання основного та наплавленого металу, що перешкоджає відшаруванню та сколюванню покриття.

Твердість наплавленого шару по Роквелу складає 50...56 HRC. Зі збільшенням твердості поверхневого шару, що контактує з абразивом, знижуються втрати на подолання тертя.

Випробування на машині тертя показали, що коефіцієнт тертя в парі з наплавленими зразками знижується на 9...15% в порівнянні з базовим варіантом.

3.4. Вплив наплавленого матеріалу на міцність

Від якості поверхневого шару залежать експлуатаційні властивості: міцність, корозійна стійкість. Зміцнена поверхня, що забезпечує підвищення експлуатаційних властивостей деталей, повинна бути достатньо міцною, мати стискаючі залишкові напруження.

Підвищення міцності матеріалу культиваторних лап, відновлених армуючою наплавкою їх робочих поверхонь, пояснюється виникненням в поверхневих шарах сприятливих залишкових напружень, що викликають більше ущільнення оброблюваного матеріалу.

Значення ступеня ущільнення (зміцнення) η можна визначити по наступній залежності:

$$\eta = \log_{\varepsilon} \frac{\sigma_S}{\sigma_T}. \quad (3.13)$$

де \log_{ε} – логарифмічна ступінь деформації;

σ_S – напруження текучості металу;

σ_T – межа текучості матеріалу.

Дослідженнями встановлено, що ступінь зміцнення матеріалу зразків, відновлених армуючою наплавкою їх робочих поверхонь в 2,2 рази вища, ніж у нових.

3.5. Характер зношування ріжучого елемента

Зношування ріжучих кромки леза лап надає негативний вплив на енергетику процесу обробки ґрунту. Тому представляє інтерес дослідження зношування культиваторних лап для розробки технологічного процесу, що забезпечує підвищення їх довговічності та якості обробки.

В проблемі підвищення ресурсу ґрунтообробних машин досить важливим є розкриття основних закономірностей абразивного зношування ріжучих елементів та формування оптимальної їх геометрії.

При переміщенні робочих органів ґрунтообробних машин відбувається вплив абразиву ґрунту на клин з плоскою або криволінійною робочою поверхнею. Ефективність такого впливу залежить від параметрів клину, фізико-механічних властивостей та стану ґрунту, швидкості його переміщення.

При переміщенні пласту ґрунту по клину в будь-якій його точці на робочу поверхню діють сили: вага пласту Q , динамічний тиск N та сила тертя $F_{тр}$.

Величину абразивного зношування лапи по товщині I_h можна представити у вигляді функції:

$$I_h = f(p, L, H_\mu, m, S), \quad (3.14)$$

де p – нормальний питомий динамічний тиск ґрунту;

L – шлях тертя;

H_μ – твердість матеріалу лапи;

m – показник зношувальної властивості абразиву;

S – площа тертя.

Вагу елемента ґрунту, що знаходиться на клині, можна визначити за формулою:

$$Q = abl\rho g, \quad (3.15)$$

де a, b, l – відповідно, товщина, ширина, довжина елемента пласта;

ρ – щільність ґрунту;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння.

Сила тертя $F_{тр}$ може бути визначена по наступній залежності:

$$F_{тр} = fab\rho(V_{неp}^2 \sin \xi \sin \gamma + gl \cos \xi), \quad (3.16)$$

де $V_{неp}$ – швидкість переміщення клину.

Величина та характер зношування ріжучих кромки лап культиваторів визначаються, перш за все, закономірностями розподілу напружень на робочих поверхнях культиваторної лапи.

Забезпечення довговічності культиваторних лап можна досягнути застосуванням ефективних способів зміцнення при їх виготовленні та відновленні.

Дані свідчать про те, що найбільша інтенсивність зношування стрілочастих лап культиватора характерна для носка. Виходячи з результатів експериментальних досліджень, можна описати зміну інтенсивності зношування по довжині наступною залежністю:

$$\frac{di}{dl} = -ki, \quad (3.17)$$

де i – інтенсивність зношування;

k – коефіцієнт пропорційності, що дорівнює:

$$k = \frac{H_{\mu} \mathcal{X}}{H_a} \sqrt{\frac{E_M S}{pT}}, \quad (3.18)$$

де H_{μ} , H_a – відповідно твердості матеріалу лапи і абразиву;

\mathcal{X} – емпірична стала, що враховує вказані фактори;

E_M – коефіцієнт пружності матеріалу лапи;

S – площа робочої поверхні лапи;

p – питоме навантаження ґрунту на лапу;

T – наробіток на одну лапу.

Після інтегрування рівняння (3.17) з урахуванням співвідношення (3.18) одержуємо після деяких перетворень формулу по визначенню інтенсивності зношування:

$$i = i_0 e^{-\frac{H_{\mu} \mathcal{X}}{H_a} \sqrt{\frac{E_M S}{pT}}}. \quad (3.19)$$

Результати розрахунку інтенсивності зношування ширини ріжучої кромки по довжині стрілочасті культиваторної лапи наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Розрахункові значення інтенсивності зношування

Варіант лапи	Інтенсивність зношування, мм/год.			
	5 год.	10 год.	15 год.	20 год.
1. Відновлена армуючою наплавкою	0,1417	0,1386	0,1448	0,1409
2. Нова	0,2125	0,2080	0,2145	0,2101

Табличні дані свідчать, що інтенсивність зношування лап першого варіанту в 1,5 рази менша, ніж нових.

Нерівномірність зносу культиваторних лап по довжині можна пояснити нерівномірним тиском ґрунту на різні зони по периметру.

Експериментальні культиваторні лапи мають менший знос по всіх параметрах на відміну від нових культиваторних лап і лап, наплавлених сормайтом (рис .3.3).

Висновки

1. Одержані теоретичні вирази зміни інтенсивності зношування ріжучої кромки культиваторної лапи в певний момент часу. Характер зношування пояснюється нерівномірним тиском ґрунту на елемент довжини лапи.

2. Дослідженнями по зміцненню поверхневого шару встановлено, що при відновленні зношеної поверхні леза лапи ступінь зміцнення в 3,2...4,2 рази вище в порівнянні з новими.

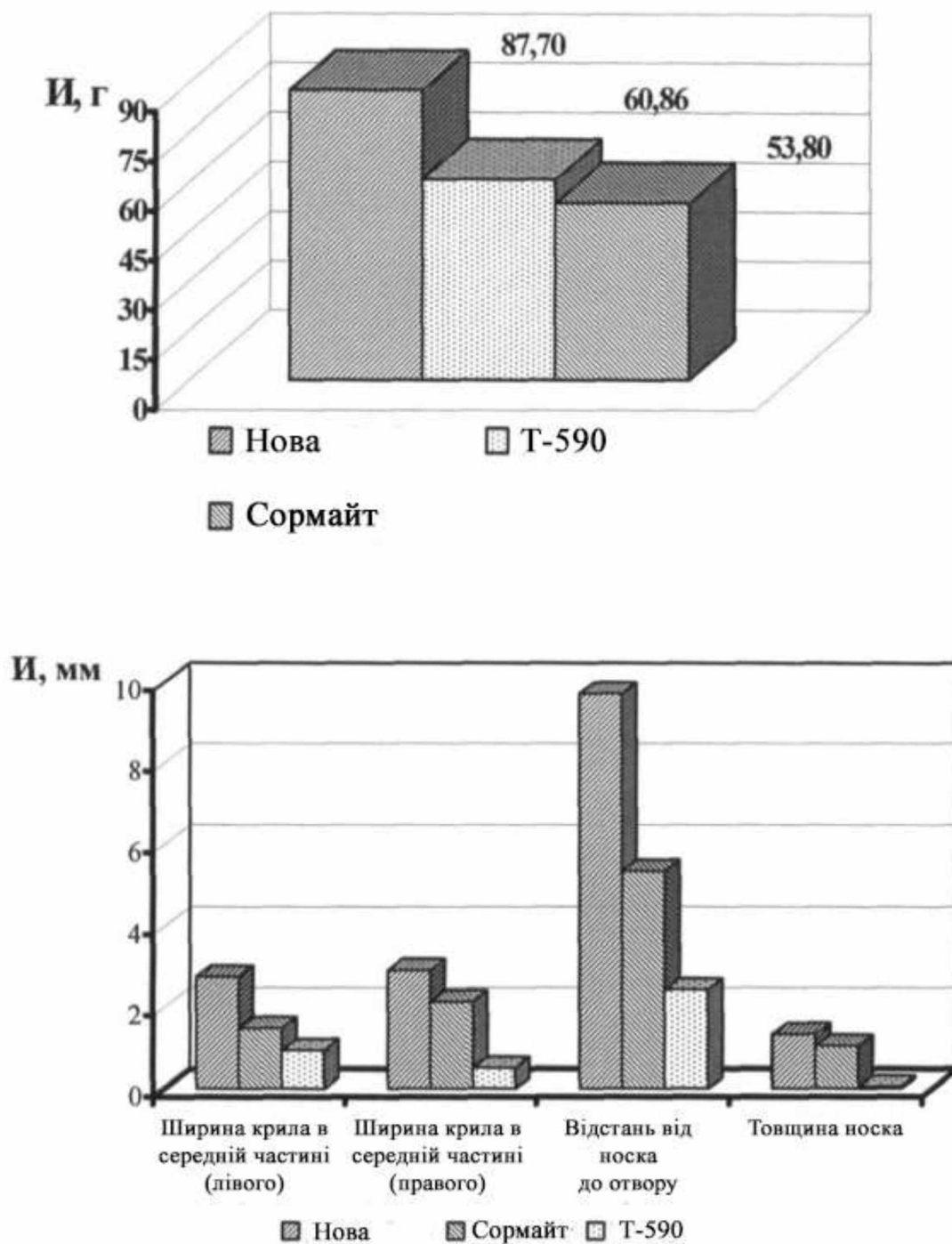


Рис. 3.3 - Результати випробувань на зносостійкість

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 тепlopостачання, 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.

Проведений аналіз дозволяє розробити рекомендації по забезпеченню екологічної стійкості підприємства, а також план ліквідації аварійних ситуацій і витоків нафтопродуктів, в який включають об'єкти і території, що підлягають особливому захисту від забруднень (водозабори, житлові масиви, зони відпочинку).

Повинна бути встановлена (обґрунтована) категорія екологічної небезпеки об'єкту. Для цього встановлюють структуру викидів і скидань забруднюючих речовин при експлуатації технологічного устаткування. На підставі екологічного аналізу джерел викидів роблять розрахунок «пріоритетного» викиду шкідливих речовин.

Викид шкідливих речовин, що виділяються від технологічного устаткування при виконанні операції, розраховують за формулою:

$$M_i = 10^{-6} q_i \cdot B, \quad (4.1)$$

де M_i – валовий викид шкідливої речовини, т/год.;

q_i – питомий показник викидів i -го речовини, г/кг (табл. 4.1...4.5);

B – кількість матеріалу, витраченого за рік, кг.

Таблиця 4.1 - Вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах % до маси

Умови роботи двигуна	Дизельні двигуни			Карбюраторні двигуни	
	Оксид вуглецю	Оксид азоту	Альдегіди	Оксид вуглецю	Аерозолі свинцю
Розігрів у приміщенні	0,071	0,007	0,510	6,0	0,0025
Рух в приміщенні	0,054	0,009	0,037	4,0	0,0018
В'їзд до приміщення і постановка на місце	0,035	0,005	0,022	2,0	0,0010

Таблиця 4.2 - Питомі виділення шкідливих речовин при зварюванні (наплавленні) металів (г на 1 кг електродів)

Марка електроду	Тверді частинки				Шкідливі гази		
	Зварювальні аерозолі	Зокрема			Фтористи й водень	Оксиди азоту	Оксид вуглецю
		оксиди марганцю	оксиди хрому	фториди			
УОНІ-13/45	14,0	0,51	-	1,40	1,00	-	-
УОНІ-13/55	18,6	0,97	-	2,60	0,93	-	-
ЕА-60В/11	11,0	0,68	0,60	-	0,004	1,30	1,40
АНО-3	17,8	1,85	-	-	-	-	-
АНО-5	14,0	1,87	-	-	-	-	-
АНО-9	16,0	0,90	-	1,13	0,47	-	-
ОМА-2	9,2	0,83	-	-	-	-	-
ЦЧ-4	13,8	0,43	-	-	1,87	-	-
ОЗЧ-1	14,7	0,47	-	-	1,65	-	-
ОЗЧ-3	14,0	0,49	0,18	-	1,97	-	-
МНЧ-2	20,4	0,92	-	-	1,34	-	-
Т-590	45,5	-	3,70	-	-	-	-

Підприємство вважається таким, що не надає шкідливої дії на атмосферне повітря, якщо жодне з джерел викидів не потрапляє в категорію небезпечних:

$$M / ПДК \geq \Phi, \quad (4.2)$$

де M – максимальна величина викиду шкідливої речовини в атмосферу, кг/с;

$ПДК$ – гранично допустима максимально разово концентрація, мг/м³;

Φ – величина, що характеризує умовну витрату повітря, необхідного для розбавлення шкідливої речовини, що поступає в атмосферу, до ГДК, м³/с.

Таблиця 4.3 - Виділення шкідливих речовин при газовому різанні металів

Матеріал	Товщина, мм	Зварювальний аерозоль				Гази			
		г/1 м різки	г/год.	зокрема		Оксид вуглецю		Оксид азоту	
				окисел марганцю, г/год.	окисел хрому, г/год.	г/1 м різки	г/год.	г/1 м різки	г/год.
Сталь вуглецева	5	2,25	74,0	2,31	-	1,50	49,5	1,18	39,0
	10	4,50	131,0	3,79	-	2,18	63,4	2,20	64,1
	20	9,0	200,0	6,00	-	2,93	65,0	2,40	53,2
Сталь легована	5	2,50	82,5	-	3,96	1,30	42,9	1,02	33,6
	10	5,00	145,0	-	6,68	1,90	55,9	1,49	43,4
	20	10,00	222,0	-	10,35	2,60	57,2	2,02	40,9

Таблиця 4.4 - Питоме виділення забруднень на ділянках

Вид виконуваних робіт	Вживані речовини і матеріали	Забруднююча речовина	
		найменування	питома кількість, г/кг
Паяння паяльником	Припої ПОС-30, ПОС-40, ПОС-60, ПОС-70	Свинець оксида олова	0,51 0,28
Приготування, нанесення і сушка клею	Технічний каучук, бензин	Бензин	900
Вулканізація покришок	Протекторна і прошарована гума	Сірчистий ангідрид, дивініл, ізопрен	0,0054 0,0213 0,0162
Вулканізація камер	Вулканізована гума	Сірчистий ангідрид	0,0054
Випробування паливних насосів	Дизельне паливо	Вуглеводні	317
Перевірка форсунок	-	-	788

Таблиця 4.5 - Питомі виділення забруднюючих речовин при митті

Миючий засіб	Концентрація, г/л	Температура, °C	Забруднююча речовина	Питома кількість, г/(с·м ²)
Синтетичні миючі засоби	10...20	75...90	Натрію карбонат	0,0016
Каустична	10...15	90	Натрію гідроксид	0,0550
Гас	-	-	Вуглеводні	0,0433

Таблиця 4.6 - Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин в повітрі

Найменування речовини	Клас небезпеки	ГДК, мг/м ³	ГДК _{м.р.} , мг/м ³	ГДК _{с.д.} , мг/м ³	Агрегатний стан
Ацетон	4	200	0,35	0,35	<i>n</i>
Аерозоль зварювальний	3		0,5	0,15	<i>a</i>
Аерозоль фарбовий	3		0,5	0,15	<i>a</i>
Бензин (розчинник)	4	300	5,0	1,5	<i>n</i>
Бензин (паливо)	4	100	5,0	1,5	<i>n</i>
Бензол	2	5,0	-	-	<i>n</i>
Гас	4	300	-	-	<i>n</i>
Кислота сірчана	2	1,0	-	-	<i>n</i>
Кислота соляна	2	5,0	-	-	<i>n</i>
Ксилол	3	50	0,2	0,2	<i>n</i>
Марганець і його з'єднання	2	0,05	0,01	0,001	<i>a</i>
Масло мінеральне	3	5,0	-	-	<i>a</i>
Оксид азоту	2	5,0	0,085	0,04	<i>n</i>
Оксиди олова	3	0,6	0,02	-	<i>a</i>
Свинець і його з'єднання	1	0,01	0,0003	-	<i>a</i>
Сірководень	2	10,0	0,008	0,1	<i>n</i>
Спирт бутиловий	3	10,0	0,1	0,1	<i>n</i>
Спирт метиловий	3	5,0	-	-	<i>n</i>
Спирт етиловий	3	1000	5,0	5,0	<i>n</i>
Стирол	4	5,0	0,04	0,002	<i>n</i>
Толуол	3	50	0,6	0,6	<i>n</i>
Уайт-спирит	4	300	-	-	<i>n</i>
Оксид вуглецю	4	20	5,0	30	<i>n</i>
Фтористий водень	1	0,5	0,5	-	<i>n</i>
Етилацетат	4	200	0,1	0,1	<i>n</i>

Якщо середня по підприємству висота джерел викидів даної речовини $H \leq 10$ м, $\Phi = 0,1$ м³/с; при $H > 10$ м – $\Phi = 0,01H$.

Для визначення категорії безпеки підприємства (KHP) використовують дані про викиди в атмосферу забруднюючих речовин:

$$KHP = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{a_i}, \quad (4.3)$$

де M_i – маса викиду i -го речовини, т/год;

$ПДК_i$ – середньодобова гранично- допустима концентрація i -го речовини, мг/м³;

n – кількість забруднюючих речовин;

a_i – безрозмірна константа, що дозволяє співвіднести ступінь шкідливості i -го речовини з шкідливістю сірчистого газу (табл. 4.7).

Таблиця 4.7 - Значення a_i для шкідливих речовин

Константа	Клас безпеки речовини			
	1	2	3	4
a_i	1,7	1,3	1,0	0,9

Значення KHP розраховують за умови, коли $M_i / ПДК_i > 1$. По величині KHP всі підприємства діляться на чотири категорії безпеки (таблиця 4.8).

Таблиця 4.8 Граничні умови для визначення категорії безпеки підприємства

Категорія безпеки	Значення KHP
1	$KHP \geq 106$
2	$104 \leq KHP < 106$
3	$103 \leq KHP < 104$
4	$KHP < 103$

Залежно від категорії небезпеки вводиться періодичність звітності в системі держобліку викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Найбільша ефективність в захисті повітряного середовища від забруднюючих викидів досягається при поєднанні заходів щодо вдосконалення технологічних процесів, газоочистки, забезпечення загальних санітарно-гігієнічних вимог і правильних об'ємно-планувальних рішень.

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 Законом 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 Мінекоресурсів 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.

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

4.2. Охорона праці та безпека з надзвичайної ситуації

Охорона праці включає техніку безпеки, що запобігає травматизму, і виробничій санітарії, перешкоджає виникненню захворювань із-за дії шкідливих чинників. Впровадження раціонального комплексу заходів, направлених на поліпшення умов праці, може забезпечити приріст її продуктивності на 15...20%. Структура комплексу заходів наступна.

1. Аналіз стану охорони праці або безпеки технологічного процесу на підприємстві.

2. Розробка організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних заходів щодо поліпшення стану охорони праці.

3. Розробка вимог (інструкцій) з охорони праці при роботі на технологічному (модернізованому) обладнанні або при використанні запропонованого пристосування.

4. Аналіз і оцінка пожежної безпеки підприємства, організація пожежної профілактики (визначення категорії виробництва по пожежній небезпеці, ступені вогнестійкості будівельних конструкцій, обґрунтування первинних засобів і витрати води для гасіння пожежі).

Аналіз стану охорони праці. Його проводять так, щоб можна було визначити передумови для розробки заходів щодо зниження травматизму і поліпшення умов праці.

При аналізі стану охорони праці при організації і технології ремонтно-обслуговуючих робіт враховують наступне:

- дотримання законодавства про режим праці і відпочинку працюючих;
- відповідність організації забезпечення охорони праці вимогам нормативних документів;
- планування заходів щодо охорони праці, виділення і використання грошових і матеріальних коштів на їх виконання;

- відповідність будівлі ремонтно-обслуговуючого підприємства (приміщення виробничої ділянки) вимогам санітарних і будівельних норм і правил;

- можливість появи шкідливих і небезпечних виробничих чинників, основні причини виробничих травм;

- дотримання вимог безпеки при використанні обладнання, вантажопідійомних машин і судин, що працюють під тиском;

- динаміку травматизму і захворюваності;

- санітарно-побутові умови працівників;

- пожежну безпеку (характеристика технологічних процесів пожежній небезпеці, наявність і готовність первинних і технічних засобів пожежогасіння, дотримання вимог пожежної безпеки, наявність і стан грозозахисних пристроїв і т. п.).

Розробка заходів щодо поліпшення стану охорони праці. Заходи щодо поліпшення стану охорони праці або безпеки технологічних процесів розробляють на основі аналізу. Вони повинні бути конкретними.

Заходами передбачають:

- поліпшення діяльності адміністрації (наймача) з дотримання трудового законодавства і виконання вимог нормативної документації з охорони праці;

- вдосконалення системи навчання працівників охорони праці відповідно до нормативних документів;

- поліпшення контролю і нагляду за дотриманням вимог охорони праці;

- застосування засобів наочної агітації з безпеки праці, поліпшення планування з охорони праці;

- заміну небезпечних технологічних процесів безпечними;

- розробку пристроїв, що забезпечують безпечну експлуатацію технологічного обладнання і систем, забезпечення електробезпеки;

- створення нормального повітряного середовища за рахунок вентиляції і опалювання;

- забезпечення гігієнічних вимог до природного і штучного освітлення;

- зниження рівнів шуму і вібрацій на робочих місцях;
- забезпечення пожежної безпеки;
- створення необхідних санітарно-побутових умов для працівників підприємства.

Для розробки вимог безпеки (інструкції) з охорони праці при експлуатації існуючого, проєктованого або модернізованого устаткування (приспосовування) необхідно спочатку охарактеризувати можливі небезпечні і шкідливі виробничі чинники, які можуть виникнути під час роботи, небезпечні зони, а потім описати методи їх ліквідації. Необхідно також обґрунтувати вимоги до персоналу, який експлуатуватиме обладнання.

Для забезпечення безпечної експлуатації і обслуговування проєктованого устаткування передбачають захисні засоби, блокуючі і гальмівні пристрої, засоби сигналізації, захист від враження електричним струмом і ін. Робоче місце оператора організують з урахуванням вимог ергономіки.

Крім того, при необхідності обґрунтовують санітарно-гігієнічні умови праці на проєктованому обладнанні, передбачають заходи і засоби пожежної безпеки, розробляють інструкцію з техніки безпеки.

Визначення кількості шкідливих виділень у виробничих приміщеннях. Деякі технологічні процеси, що виконуються на ремонтно-обслуговуючих підприємствах, характеризуються виділенням різних забруднень. Тому при проєктуванні підприємств в приміщеннях передбачають природну, механічну або змішану вентиляцію. Вентиляційні системи повинні забезпечувати відносну вологість повітря, концентрацію в нім газів, шкідливих виділень в межах, що не перевищують допустимі норми. Якщо виділення забруднень відбувається на окремому технологічному обладнанні (на столі для зварювальних робіт, в наплавлювальній установці, гальванічній ванні і т.д.), влаштовують місцеву вентиляцію у вигляді парасольок, відкосів і т.п. При розсіяному виділенні забруднень в приміщенні передбачають загальнообмінну вентиляцію.

Розрахунок вентиляційних систем проводять виходячи з інтенсивності забруднення повітря. Кількість виділень, що забруднюють повітря в

приміщенні, визначають по кожному джерелу. У виробничих приміщеннях до основних забруднень відносяться: відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згорання; гази і аерозолі, що утворюються в процесі зварки, наплавлення, паяння; випаровування миючих розчинів, розчинників емалей і лаків, охолоджуючих рідин, електроліту та ін.

Кількість повітря, необхідну для розбавлення газових і аерозольних забруднень, тобто продуктивність вентиляційної установки, визначають за формулою:

$$W_v = 10^6 Q_c / (C_{p.z} - C_n) \quad (4.9)$$

де W_v – продуктивність вентиляційної установки, м³/год.;

Q_c – сумарна кількість забруднень, що виділяються, кг/год.;

$C_{p.z}$ – гранично допустима концентрація даного забруднення в робочій зоні, мг/м³;

C_n – концентрація даної забруднення у повітрі, що поступає, мг/м³.

У випадках, коли зовнішнє повітря, що поступає в приміщення, не містить шкідливих домішок, величину C_n приймають рівною нулю.

У приміщеннях ділянок діагностики і технічного обслуговування, ремонтно-монтажної кількості шкідливих виділень від працюючого дизельного двигуна визначають за формулою:

$$Q_d = (160 + 13,5V_u) \frac{P}{100} \cdot \frac{T}{60}, \quad (4.10)$$

де Q_d – кількість шкідливих виділень від працюючого дизеля, кг/год.;

V_u – робочий об'єм циліндрів двигуна, л;

P – вміст забруднень у відпрацьованих газах %;

T – час роботи двигуна, хв.

При роботі карбюраторного двигуна:

$$Q_k = 15(0,6 + 0,8V_u) \frac{P}{100} \cdot \frac{T}{60}. \quad (4.11)$$

Кількість аерозолів свинцю при роботі карбюраторного двигуна на етильованому бензині буде рівна:

$$Q_c = \frac{0,05C(0,6 + 0,8V_u)}{100} \cdot \frac{T}{60}, \quad (4.12)$$

де C – вміст тетраетилсвинця в бензині, г/кг ($C = 0,05 \dots 0,10\%$).

Час роботи двигунів в приміщеннях приймають: при розігріванні – 2 хв.; при установці на пост (лінію) технічного обслуговування – 1,0...1,5 хв.; при рейсуванні і виїзді (в'їзді) – 0,2...0,5 хв.; на кожних 10 м шляху при переміщенні з поста на пост своїм ходом – 1,0...1,5 хв.; при регулюванні двигуна – 10...15 хв.

Вміст забруднень у відпрацьованих газах (Р) наведено у табл. 4.9.

Таблиця 4.9 - Вміст забруднень відпрацьованих газів, % до маси

Умови роботи двигуна	Дизельні двигуни			Карбюраторні двигуни	
	Оксид вуглецю	Оксид азоту	Альдегіди	Оксид вуглецю	Аерозолі свинцю
Розігрів у приміщенні	0,071	0,007	0,510	6,0	0,0025
Рейсування в приміщенні	0,054	0,009	0,037	4,0	0,0018
В'їзд до приміщення і місця розташування	0,035	0,005	0,022	2,0	0,0010

На ділянці зварювання роботи супроводжуються виділенням зварювальних аерозолів і шкідливих газоподібних речовин (фтористого водню, оксидів азоту, оксиду вуглецю і ін.). При визначенні кількості забруднень, що виділяються, під час зварки (різки) враховують питомі показники їх викидів (табл. 4.10 і 4.11).

Кількість шкідливих виділень при зварці визначають за формулою

$$Q_a = 10^{-3} G_e q_a \quad (4.13)$$

де Q_a – кількість зварювального аерозолу, кг/год.;

G_e – максимальна витрата електродів, кг/год.;

q_a – питоме виділення аерозолу, г/кг.

Аналогічно визначають кількість шкідливих газів, що виділяються при зварюванні.

Таблиця 4.10 - Питомі виділення шкідливих речовин при зварці (наплавленню) металів (г на 1 кг електродів)

Марка електроду	Тверді частинки				Шкідливі гази		
	Зварювальні аерозолі	Зокрема			Фтористий водень	Оксиди азоту	Оксид вуглецю
		оксиди марганцю	оксиди хрому	фториди			
УОНІ-13/45	14,0	0,51	-	1,40	1,00	-	-
УОНІ-13/55	18,6	0,97	-	2,60	0,93	-	-
ЕА-60В/11	11,0	0,68	0,60	-	0,004	1,30	1,40
АНО-3	17,8	1,85	-	-	-	-	-
АНО-5	14,0	1,87	-	-	-	-	-
АНО-9	16,0	0,90	-	1,13	0,47	-	-
ОМА-2	9,2	0,83	-	-	-	-	-
ЦЧ-4	13,8	0,43	-	-	1,87	-	-
ОЗЧ-1	14,7	0,47	-	-	1,65	-	-
ОЗЧ-3	14,0	0,49	0,18	-	1,97	-	-
МНЧ-2	20,4	0,92	-	-	1,34	-	-
Т-590	45,5	-	3,70	-	-	-	-

При зарядці акумуляторних батарей максимальна кількість забруднюючих речовин виділяються в кінці зарядки. Для розрахунку викидів сірчаної кислоти на ділянці зарядки акумуляторних батарей в майстерні використовують значення питомого виділення аерозолу кислоти, яке приймають рівним 1 мг/А·год.

Викид сірчаної кислоти підраховують за формулою

$$Q_k = q_k (C_1 a_1 + C_2 a_2 + \dots + C_n a_n), \quad (4.15)$$

де Q_k – кількість сірчаної кислоти, що виділяється, мг;

q_k – питоме виділення сірчаної кислоти, мг/кг;

$C_{1..n}$ – номінальні ємкості батарей, що одночасно заряджають, А·год.;

$a_{1..n}$ – кількість батарей відповідної ємкості.

Таблиця 4.11 - Виділення шкідливих речовин при газовому різанні металу

Матеріал	Тов-щина, мм	Зварювальний аерозоль				Гази			
		г/1 м різкі	г/год.	зокрема		Оксид вуглецю		Оксид азоту	
				оксид марганцю, г/год.	оксид хрому, г/год.	г/1 м різкі	г/год	г/1 м різкі	г/год
Сталь вуглецева	5	2,25	74,0	2,31	-	1,50	49,5	1,18	39,0
	10	4,50	131,0	3,79	-	2,18	63,4	2,20	64,1
	20	9,0	200,0	6,00	-	2,93	65,0	2,40	53,2
Сталь легована	5	2,50	82,5	-	3,96	1,30	42,9	1,02	33,6
	10	5,00	145,0	-	6,68	1,90	55,9	1,49	43,4
	20	10,00	222,0	-	10,35	2,60	57,2	2,02	40,9

На мідницькій ділянці при ремонті радіаторів, баків використовують м'які припої, що містять, свинець і олово. Розрахунок викидів шкідливих речовин проводять окремо по свинцю і олову.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин на ділянках вулканізації, перевірки і регулювання паливної апаратури проводиться також по питомих виділеннях забруднень (таблиця 4.12).

Таблиця 4.12 - Склад емалей і ґрунтовок %

Розчинник	Емаль						Ґрунтовка		
	МЛ-152	МЛ-197	НЦ-11	ПФ-115	МС-17	НЦ-25	МЛ-029	ГФ-017	ФЛ-03К
Ацетон	-	-	-	-	-	4,62	-	-	-
Бутілацетат	-	-	13,75	-	-	6,60	-	-	-
Бутиловий спирт	12,9	21,89	5,50	-	-	9,9	26,0	-	-
Ксилол	24,6	38,67	-	22,5	60,0	-	32,8	50,0	15,0
Уайт спірит	8,06	0,04	-	22,5	-	-	-	-	-
Голуол	-	-	13,75	-	-	29,7	2,2	-	15,0
Етиловий спирт	-	-	8,25	-	-	9,9	-	-	-
Етилацетат	-	-	13,75	-	-	-	-	-	-
Сольвент	8,72	-	-	-	-	-	-	-	-
Етілцеллозольв	-	-	-	-	-	5,28	-	-	-
Ізобутиловий спирт	5,58	-	-	-	-	5,28	-	-	-
Бензин	1,69	-	-	-	-	-	-	-	-
Летюча частина	62	61	55	45	60	66	61	50	30
Сухий залишок	38	39	45	55	40	34	39	50	70

При митті деталей і агрегатів застосовують синтетичні миючі засоби (СМЗ) на основі кальцинованої соди (лабомид-101, лабомид-102, МС-6 та ін.), розчин каустичної соди, гас і т. д. Викид забруднюючої речовини при митті визначають за формулою:

$$Q_z = 3600q_z F, \quad (4.16)$$

де Q_z – кількість забруднень, що виділяються, г/год.;

q_z – питомі виділення (викид) забруднюючих речовин при митті, г/(с·м²)

F – площа дзеркала ванни, м².

При проектуванні ділянки фарбування ремонтіваних об'єктів розрахунок виділення забруднюючих речовин слід вести роздільно для пігменту фарби і для розчинника. Кількість твердих забруднюючих частинок, що виділяються, розраховують за формулою:

$$Q_m = m_k f_c \sigma_n \cdot 10^{-4}, \quad (4.17)$$

де Q_m – кількість твердих частинок, що утворюються, кг/год.;

m_k – кількість використаної емалі (фарби), кг/год.;

f_c – кількість фарби.

Таблиця 4.13 - Виділення забруднюючих речовин при фарбуванні і сушці %

Спосіб нанесення фарби (емалі)	Виділення шкідливих компонентів		
	Втрата фарби у вигляді аерозолі	Виділення розчинника	
		при забарвленні	при сушці
Розпилювання:			
пневматичне	30	25	75
безповітряне	2,5	23	77
пневмоелектростатичне	3,5	20	80
електростатичне	0,3	50	50
Вручну пензлем або валиком	-	50	50

Викид пари розчинників, якщо фарбування і сушка проводяться в одному приміщенні, розраховують за формулою:

$$Q_{pi} = m_k f_u f_{li} \cdot 10^{-4} \quad (4.18)$$

де Q_{p_i} – кількість пари i -го речовини, що виділяється, яка входить до складу розчинника емалі, , кг/год.;

f_u – частка фарби, що випаровується (летюча) %;

$f_{л_i}$ – кількість летючої i -го забруднюючої речовини у фарбі %.

4.3. Техніко-економічне обґрунтування ефективності відновлення культиваторних лап армуючою наплавкою їх робочих поверхонь

Техніко-економічна оцінка проведена у відповідності з рекомендаціями щодо визначення економічної ефективності підвищення довговічності сільськогосподарських машин [27].

Річний економічний ефект від впровадження розробленої технології визначали за формулою:

$$E = [(c_1 + E_n \kappa_1) - (c_2 + E_n \kappa_2)] B_{\Gamma}, \quad (4.19)$$

де c_1 і c_2 – собівартість нової та відновленої культиваторної лапи армуючою наплавкою їх робочих поверхонь;

$E_n = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень [27];

B_{Γ} – річний обсяг відновлених лап за розробленою технологією, шт.

Затрати C_y на виготовлення установки для відновлення культиваторних лап армуючою наплавкою їх робочих поверхонь визначали за такою залежністю:

$$C_y = C_k + C_{од} + C_{нд} + C_{сб} + C_{зв}, \quad (4.20)$$

де C_k – вартість виготовлення корпусних деталей, грн.;

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

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

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

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

Розраховані за вказаною формулою витрати склали 8164 грн.

Питомі капіталовкладення визначали по залежностях [28]:

$$\kappa_1 = \frac{C_{O1}}{B_{Г1}}; \quad \kappa_2 = \frac{C_{O2}}{B_{Г2}}, \quad (4.21)$$

де C_{O1} і C_{O2} – вартість основних виробничих фондів за діючої технології виготовлення і розробленої технології відновлення стрілочастих лап;

$B_{Г1}$ і $B_{Г2}$ – річна програма виготовлення та відновлення за розробленою технологією.

Питомі капіталовкладення склали $\kappa_1 = 1,79$ грн.; $\kappa_2 = 1,27$ грн.

Собівартість відновлення C лапи визначали по наступній формулі:

$$C = C_{з.п.} + C_m + C_{р.ф.} + C_{н.р.} + C_{i.в.}, \quad (4.22)$$

де $C_{з.п.}$ – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих в процесі відновлення, грн.;

C_m – витрати на використанні при відновленні матеріали, грн.;

$C_{р.ф.}$ – вартість ремонтного фонду з урахування витрат на придбання обладнання, грн.;

$C_{н.р.}$ – накладні витрати, грн.;

$C_{i.в.}$ – інші витрати, грн.

Собівартість однієї нової культиваторної лапи по даним [29] складає $C_1 = 59$ грн., а відновленої $C_2 = 36$ грн.

Економічний ефект від впровадження розробленої технології складе:

$$E = [(59 + 0,15 \cdot 1,79) - (36 + 0,15 \cdot 1,27)] \cdot 3200 = 73824 \text{ грн.},$$

де 3200 – річний обсяг відновлення лап.

Економічний ефект на одиницю продукції становить 23,07 грн.

Додатковий прибуток від реалізації річного обсягу продукції становитиме:

$$П = [(Ц_2 - C_2) - (Ц_1 - C_1)] B_T, \quad (4.23)$$

де $Ц_1$ і $Ц_2$ – оптова ціна нової культиваторної лапи і відновленої за розробленою технологією, грн.

$$П = [(74 - 36) - (74 - 59)] \cdot 3200 = 73600 \text{ грн.}$$

Основні показники техніко-економічної ефективності відновлення стрілочастих культиваторних лап наведені в табл. 4.14.

Таблиця 4.14 - Показники техніко-економічної ефективності

Показники економічної ефективності	Значення показників	
	Існуюча технологія виготовлення	Розроблена технологія відновлення
1. Річний обсяг виготовлення і відновлення лап, грн.	3200	3200
2. Собівартість однієї лапи, грн.	59	36
3. Собівартість комплекту лап, грн.	1888	1152
4. Питомі капітальні вкладення, грн.	1,79	1,27
5. Річний економічний ефект, грн.		73824
6. Економічний ефект на одиницю продукції, грн.		23,07

Висновки

1. Вартість однієї стрілочасті лапи, відновленої по розробленій технології в 1,64 рази нижча ніж вартість нової лапи.

2. Економічний ефект від впровадження розробленої технології склав 73824 грн. при річному обсязі впровадження 3200 деталей.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведеним аналізом результатів відомих досліджень встановлено, що надійність робочих органів ґрунтообробних машин в значній мірі визначається зносом лап культиваторів. Вирішення проблеми підвищення їх надійності слід здійснювати за рахунок використання ефективних технологій відновлення.

2. Метод підвищення зносостійкості стрілчастих лап армуючою наплавкою їх робочих поверхонь поки не знайшов належного застосування в ремонтному виробництві через відсутність даних по його використанні.

3. Розроблена методика випробування зразків (лап) на фізико-механічні властивості.

4. Наведено моделювання динаміки абразивного зношування ріжучих елементів лап.

5. Густина розподілу зношування ріжучої кромки леза культиваторної лапи є випадковою величиною та підпорядковується закону нормального розподілу.

6. Дослідженнями встановлено вплив зносостійкого матеріалу, наплавленого по технології «армування», на твердість основного металу. Твердість ріжучої кромки матеріалу лапи після наплавки зростає в 3,2...4,2 рази.

7. Встановлено, що ступінь зміцнення матеріалу зразків, відновлених армуючою наплавкою їх робочих поверхонь в 2,2 рази вища, ніж у нових.