

НУБІП України

НУБІП України

**«ДОСЛІДЖЕННЯ КРИТЕРІЇВ**

**ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА**

**ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ**

**ЛАП КУЛЬТИВАТОРІВ»**

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

01.12-МР189 «С».01.02.21.008 ІРЗ

**Яковенко Дмитро**

**Олександрович**

Н

1

Н

1

НУБІП України



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
УКРАЇНИ

Факультет механіко-технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри надійності техніки

к.т.н., доцент Новицький А.В.  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ІПБ)

20 року

## ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

Яковенка Дмитра Олександровича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 - «Агроінженерія»  
(код і назва)

Спеціалізація

(назва)

Магістерська програма «Технологія і обладнання сервісних підприємств»  
(назва)

Програма підготовки освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи «Дослідження критеріїв технічного стану та підвищення довговічності лап культиваторів»

затверджена наказом ректора НУБІПУ від «01» лютого 2021 р. №189 «С»

Терми подання завершеної роботи на кафедру 17 листопада 2021 р.

Вихідні дані до магістерської роботи. 1. Технічна характеристика культиваторів та будова. 2. Опис конструкцій лап культиваторів, їх дефектів, відмов та умов експлуатації. 3. Існуючі технології відновлення деталей. 4. Каталоги ремонтно-технологічного обладнання ремонтних майстерень.

Перелік питань, що підлягають дослідженню: 1. Умови роботи лап культиваторів. 2. Теоретичні основи дослідження довговічності лап культиваторів. 3. Програма та методика досліджень. 4. Результати наукових досліджень забезпечення надійності лап культиваторів. 5. Розробка заходів з техніки безпеки при відновленні лап культиваторів. 6. Проведення техніко-економічного обґрунтування магістерської роботи.

Перелік графічного матеріалу (за потреби) 1. Об'єкт, предмет та задачі досліджень. 2. Мета та методи досліджень довговічності лап культиваторів. 3. Характерні конструкції лап культиваторів. 4. Дослідження довговічності лап

культиваторі. 5. Результати дослідження статистичної інформації про показники довговічності лап культиваторів. 6. Розробка технології відновлення лап культиваторів. 7. Маршрутна карта. 8. Операційна карта. 9. Результати техніко-економічного

Дата видачі завдання “25” жовтня 2021 р.

Керівник магістерської роботи

(підпис)

Новицький А.В.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Яковенко Д.Ю.

(прізвище та ініціали студента)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ЗМІСТ

# НУБІП України

РЕФЕРАТ .....

ВСТУП .....

## Розділ 1. СТАН ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ КУЛЬТИВАТОРІВ .....

1.1. Будова, конструкція, умови експлуатації та причини втрати  
роботоздатності стрілчастих лап ґрунтообробних знарядь .....

1.2. Критерії граничного стану стрілчастих лап культиваторів .....

1.3. Аналіз способів підвищення довговічності стрілчастих лап  
культиваторів .....

1.4. Аналіз матеріалів для підвищення довговічності лап  
ґрунтообробних машин .....

1.5. Методи підвищення довговічності лап культиваторів .....

1.7. Висновки і завдання дослідження .....

## Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ КУЛЬТИВАТОРІВ .....

2.1 Дослідження культиватора як складної технічної системи

2.2 Структурне забезпечення надійності культиваторів, як складних  
систем .....

2.3. Динаміка зношування стрілчастої лапи культиватора .....

2.4 Аналіз зносу стрілчастих лап культиватора по довжині ріжучої  
крайки .....

## Розділ 3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ .....

3.1. Програма досліджень .....

3.2. Методика вимірювання зносу лап культиватора .....

3.3. Проектування технологічного процесу .....

3.4. Методика нанесення зносостійких покриттів .....

## РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІКОСТІ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП ЗМІЩЕНИХ КОМПОЗИЦІЙНИМИ ПОКРИТТЯМИ .....

4.1. Вивчення зносостійкості серійних культиваторних лап .....

4.2. Експлуатаційні випробування зміцнених культиваторних лап на довговічність.....

4.3. Динаміка зміни тягового опору культиваторних лап від напрацювання.....

4.4. Висновки по четвертому розділу.....

Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ НА ДІЛЬНИЦЯХ ПО ВІДНОВЛЕННЮ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КУЛЬТИВАТОРІВ.....

Розділ 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ.....

6.1. економічна оцінка технології підвищення довговічності лап культиваторів.....

6.2. Розрахунок приведених витрат на відновлення лапи культиватора.....

6.3. Висновки по шостому розділу.....

ВИСНОВКИ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

ДОДАТКИ.....

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ВСТУП

В останні десятиліття в аграрному виробництві для обробітки ґрунту використовується велика кількість ґрунтообробних знарядь, включаючи культиватори, дискові агрегати, посівні комплекси, розпушувачі, різні типи борін. В зазначених ґрунтообробних агрегатах широко застосовуються робочі органи в яких є стрілочасті лапи [4, 13, 17, 57]. Стрілочасті лапи експлуатуються в умовах прямого впливу абразивних частинок та тому інтенсивно зношуються з відповідною зміною геометричних розмірів, основних параметрів тощо. [11, 44,]. Згідно технічних вимог, гарантійне напрацювання стрілої лапи культиватора повинне бути не менше 25 – 27 га. Разом з тим, як показує досвід використання таких лап, їх напрацювання на відмову на різних ґрунтах не перевищує 14-19 га.

Зношені стрілочасті лапи значно знижують ефективність та якість проведених робіт, їх використання призводить до недотримання агротехнічних термінів. Крім цього, ґрунтообробна техніка додатково простояє через заміну зношених стрілочастих лап. Все перераховане в разі збільшує витрати на обробіток ґрунту та значно знижує кількість одержаної валової продукції. У результаті для підтримки ґрунтообробних знарядь у працездатному стані підприємства з випуску запасних частин до сільськогосподарській техніці випускають велику кількість нових стрілочастих лап у вигляді запасних частин. При цьому витрачається значна кількість дорогої легованої сталі. Ось чому підвищення зносостійкості та довговічності стрілочастих лап ґрунтообробних знарядь є одним із найважливіших наукових проблем.

В даний час для того, щоб підвищити зносостійкість робочих органів ґрунтообробних машин, найбільш перспективними є керамічні та металокерамічні матеріали [43, 34, 57]. Керамічні матеріали мають значно більшу зносостійкість по відношенню до твердих сплавів. Однак основним їх недоліком є підвищена крихкість. Це, у свою чергу, істотно обмежує застосування керамічних матеріалів для зміцнення стрілочастих лап

грунтообробних знарядь, що експлуатуються в умовах значних ударних навантажень.

Металокерамічні матеріали є композиційними матеріалами, що складаються з металевої сталевий основи (матрици) та включених до її складу керамічних компонентів (оксидів, карбідів, нітридів і т.д.). Матриця забезпечує цим матеріалам необхідну ударну в'язкість, а керамічні компоненти – високі твердість та зносостійкість. При зміцненні робочих органів металокерамічні матеріали найчастіше наносяться на їх ріжучі поверхні у вигляді покриттів [25, 17, 46, 61].

Проте проведений аналіз сучасних наукових публікацій з даному напрямку показав, що в даний час існує обмежена кількість способів отримання металокерамічних покриттів на ріжучих поверхнях стрілчастих лап ґрунтообробних знарядь. Більш того, більшість відомих способів відрізняються складністю та дорожнечою використовуваного обладнання та матеріалів, а також не забезпечують можливість зміцнення широкої номенклатури стрілчастих лап різної маси та конфігурації.

Тому дослідження, спрямовані на створення на ріжучих поверхнях стрілчастих лап металокерамічних покриттів, є в даний час актуальними та запобіжними та сприяють вирішенню актуальної народногосподарської проблеми підвищення зносостійкості робітників органів вітчизняних та зарубіжних ґрунтообробних знарядь.

Мета роботи. Забезпечення працездатності культиватора за рахунок підвищення ресурсу стрілчастої лапи шляхом диференційованого індукційного наплавлення кераміко-металевим покриттям.

Об'єктом досліджень – є процеси підвищення довговічності стрілчастої лапи культиватора шляхом формування кераміко-металевого покриття.

Предмет дослідження – процес втрати та відновлення працездатності лапи культиватора, закономірності управління зносостійкістю лез лап культиваторів композиційними покриттями змінного складу.

Методи дослідження в магістерській роботі структурні – для забезпечення надійності культиватора, як складної системи, теоретичний та експериментальний методи дослідження проводились на підставі положень землеробської механіки та матеріалознавства базуючись на методика встановлення абразивної зносостійкості.

В магістерській роботі представлені:

- структурна схема надійності культиватора, як складної системи;
- встановлені можливості підвищення рівномірності зносів по довжині ріжучої крайки;

- запропоновано рекомендації підвищення довговічності стрілкової лапи культиватора при індукційному наплавленні кераміко-металевим покриттям змінного складу і властивостей;

- розвинена закономірність формування зміцнюючого кераміко-металевого покриття, що утворюються при індукційному наплавленні.

В практичному плані в магістерській роботі:

- запропоновано нові методики оцінки інтенсивностей абразивного зношування ріжучих крайок по довжині культиваторної лапи;

- обґрунтована та розроблена конструкція зміцненої лапи культиватора

з раціональними оподаннями керамічної і металевої складових у зміцнюючому покритті леза стрілкової лапи.

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ КУЛЬТИВАТОРІВ

### 1.2. Будова, конструкція, умови експлуатації та причини втрати роботоздатності стрілочастих лап ґрунтообробних знарядь

Культиватор – це сільськогосподарське знаряддя для обробки поораного ґрунту без обертання пласта з метою боротьби з смітною рослинністю і підготовки поля до посіву, а також для обробки ґрунту при догляді за просапними культурами [1, 3, 5]. Культиватори розрізняють: за призначенням: для суцільного обробітку ґрунту, просапні й універсальні; з вигляду тяги: тракторні (причинні і навісні), кінні та рунні. Культиватори призначені для суцільного обробітку ґрунту, знищення бур'янів на парах, передпосівної підготовки ґрунту, глибоке його розпушування без обороту пласта і руйнування ґрунтової кірки, яка утворюється від дощів після посіву. До культураторів для суцільного обробітку ґрунту відносяться парові, лапові і пружинні, штангові пароочишувачі, чизель-культуратори та обертові мотики.

Згідно літературних джерел, основними робочими органами культураторів є лапи. Відповідно виконуваний роботі робочі органи культуратора (рис. 1.1) за своїм призначенням і формою поділяються на [1, 5]: лапи полольні (односторонні плоскорізні, стрілочасті плоскорізні і універсальні); лапи розпушувальні ( долотоподібні, оборотні і списоподібні); корпуси підгортаючі і бороздоріжучі.

Провідне місце при виробництві сільськогосподарських культур займає обробка ґрунту, тому якість обробітку ґрунту значно впливає на врожайність культур та ефективність сільськогосподарського виробництва. В даний час в сільському господарстві для обробки ґрунту використовується велика кількість ґрунтообробних знарядь (культуратори, посівні комплекси, сівалки, розпушувачі та ін.).

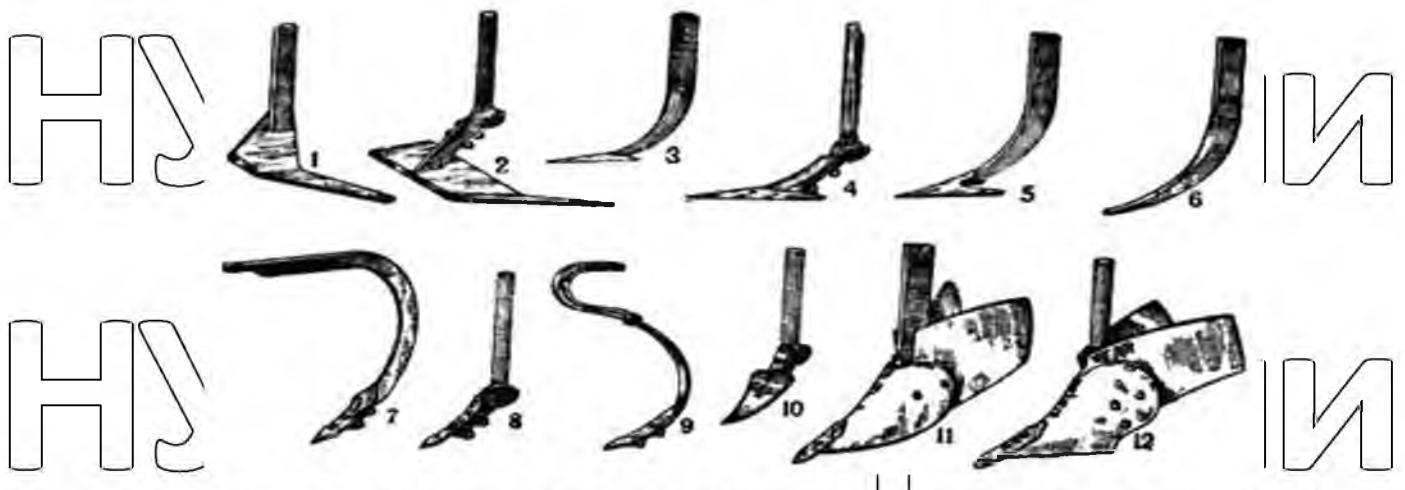


Рис. 1.1. Основні зразки робочих органів культиваторів: 1, 2 - одностороння плоскорізна лапа; 3 - 4 - стрілчаста плоскорізна лапа; 5 - універсальна лапа; 6 - долотоподібні лапа; 7, 8 - оборотна лапа з жорсткими стійками; 9 - думікар оборотна лапа з пружинною стійкою; 10 - списоподібна лапа з універсальною стійкою; 11 - корпус підгортальний; 12 - корпус бороздоріжучий.

Основним робочим органом є стрілчаста лапа. Відповідно до [57] стрілчаста лапа може бути плоскоріжучою і універсальною (без хвостовиків і з хвостовиками). Плоськоріжуча стрілчаста лапа характеризуються невеликим кутом нахилу до поверхні поля (до  $18^\circ$ ). Її зазвичай застосовують в комбінації з односторонніми лапами і в тих випадках, коли потрібна невелика глибина розпушування з найменшим зміщенням ґрунту. Універсальні стрілчасті лапи одночасно з підрізанням бур'янів проводять розпушування ґрунту. Вона має збільшений кут нахилу до поверхні поля (до  $30^\circ$ ) і більш широкі груди і крила.

Даний тип лап є найбільш широко поширеним, його використовують для обробки парів, передпосівної підготовки ґрунту і міжрядної обробки зернових і олійних культур на глибину до 10 ... 14 см [12, 17, 71, 145].

Застосування стрілчастої лапи певної конструкції, форми і розміру залежить від виду виконуваних робіт, оброблюваної культури і етапу її розвитку, складу ґрунту. Основним параметром стрілчастої лапи є: кут

розчину крил  $2\gamma$ ; кут кришення  $\beta$ ; кут підйому грудей  $\alpha$ ; ширина захвату  $B$ ; кут різання  $\beta_0$ ; ширина крила  $b$ ; товщина матеріалу  $\delta$ .

При виборі величини кута  $2\gamma$  виходять, головним чином, з того, що стебла рослин повинні ковзати по ріжучій поверхні лапи. В цьому випадку процес різання відбувається з ковзанням, що робить більш простим перерізання бур'янів або схід їх з ріжучої поверхні лапи при відсутності перерізання. Правильний вибір величини даного кута не дозволяє бур'янам обволікати лезо лапи.

Якщо величина кута  $2\gamma$  перевищує допустиму, то сила тертя, що виникає між країнами бур'янів і ріжучою поверхнею лапи, перевищує силу опору. В результаті бур'яни не сходять з ріжучої поверхні лапи і вона фактично перестає працювати. При обробці різних типів ґрунтів необхідно застосовувати стрілочасті лапи, мають різне значення кута  $2\gamma$ . Наприклад, при обробці чорноземних ґрунтів кут  $2\gamma$  доцільно змінювати в інтервалі  $50^\circ \dots 58^\circ$ , для обробки ґрунтів, що мають середню в'язкість  $60^\circ \dots 78^\circ$ , а для піщаних і супіщаних ґрунтів -  $70^\circ \dots 80^\circ$ .

Кутом різання  $\beta_0$  називають кут, який утворює верхня кромка ріжучої поверхні лапи з горизонтальною площиною в перерізі, перпендикулярною цій поверхні. Кут різання визначається з співвідношення:

$$\beta_0 = i + \varepsilon, \quad (1.1)$$

де  $i$  - кут загострення;

$\varepsilon$  - потиличний кут.

Заточка ріжучої поверхні стрілочастої лапи проводиться знизу, зверху, одночасно з двох сторін. Кут загострення і стрілочастої лапи зазвичай становить  $12^\circ \dots 15^\circ$ , а потиличний кут  $\varepsilon$  дорівнює  $10^\circ$ . Тоді кут  $\beta_0$  буде дорівнювати:

$$\beta_0 = (12^\circ \dots 15^\circ) + 10^\circ = 22^\circ \dots 25^\circ \quad (1.2)$$

При крошенні менше  $15^\circ$  зазвичай використовують верхню заточку ріжучої поверхні стрілочастої лапи, в інтервалі кутів від  $15^\circ$  до  $25^\circ$ .

використовують комбіновану (двосторонню) заточку. Для кутів крошення понад  $25^\circ$  заточка ріжучої поверхні стрілкової лапи повинна бути нижньою.

Кути крошення  $\beta$  і підйому грудей лапи  $\alpha$  вибирають зазвичай такими, щоб вони дозволяли забезпечити необхідну розпушування ґрунту.

Використання лап з великими значеннями даних кутів призводить до деформації і зміщення ґрунту як в напрямку переміщення лапи, так і в сторони.

Це, в свою чергу, сприяє утворенню борозен і підйому нижніх шарів ґрунту вгору на поверхню. Плоскоріжуча стрілчаста лапа має кут  $\beta = 15^\circ \dots 18^\circ$ , а універсальна стрілчаста лапа -  $20^\circ \dots 30^\circ$ .

Ширина захоплення стрілкової лапи найчастіше визначається на підставі дослідних даних. При цьому враховується її заглибленість, зручність розміщення на агрегаті, агрегатування.

В даний час експлуатаційниками випускаються стрілчасті лапи 19 основних типорозмірів. Ширина захоплення більшості стрілчастих лап культиваторів знаходиться в інтервалі 220 ... 410 мм.

Ширину крила культиваторної лапи, як правило, роблять зменшеною: максимальний розмір  $b_1$  складає 45 ... 75 мм, а мінімальний розмір  $b_2$  – 30 ... 50 мм.

Товщину матеріалу  $\delta$  для виготовлення стрілкової лапи приймають, керуючись комплексом чинників. Найважливішими серед них є: глибина обробки, ширина її крил, ширина захвату лапи, фізико-механічні властивості

оброблюваного ґрунту, фізико-механічні та технологічні властивості матеріалу. Основним матеріалом для виготовлення універсальної стрілкової

лапи ґрунтообробних знарядь найчастіше служать сталі 65Г і 70Г ГОСТ 1343-82. Для збільшення ресурсу робочі поверхні стрілкової лапи піддають термічній обробці або наплавленню зносостійким сплавом.

Слід відмітити, що стрілчасті лапи зарубіжних знарядь виготовляють переважно з міцніших мало- і середньовуглецевих сталей з добавками бору, молібдену і титану. Аналогами зазначених матеріалів є сталі 30ГР, 40ГР, 30Г2Р.

В процесі експлуатації культиваторів та інших ґрунтообробних знарядь на різкій поверхні стрілкової лапи впливають абразивні вclusions, що містяться в ґрунті. В результаті лапа зношується з відповідною зміною їх геометричних розмірів, основних робочих параметрів, що призводить до зменшення об'ємів валової сільськогосподарської продукції.

Основними дефектами лапи культиватора є: затуплення лезової частини, знос носка, знос крил по ширині на всій довжині, наявність деформацій і тріщин, злами, погнутість по площині. Більшість, а це понад 60% стрілчастих лап втрачають працездатність через граничний знос носка і ширини крил

(рисунк 1.1).



а)



б)



в)



г)

Рис. 1.1 Стрілчасті лапи з характерними прикладами зносів: сівалка-культиватор Bourgault 8810 (а); культиватор КПС-4Г (б); культиватор Lemken Компактор (в) і культиватор КШН-12Н (г)

Найбільш інтенсивно зношується носок лапи. На різних ґрунтах значення зносу в 2,2 ... 2,5 рази більше, ніж у крил лапи. У міру віддалення від

носька лапи інтенсивність її зношування значно знижується. Слід також враховувати, що тяговий опір стрілкової лапи, що встановлена в першому ряду ґрунтообробного знаряддя, в середньому в 2 рази вище, ніж тяговий опір стрілкової лапи, що встановлена в другому ряду. Це пов'язано, головним чином, з тим, що перший ряд стрілкових лап обробляє недеформованому ґрунту, а наступні ряди лап переміщуються по вже частково обробленому ґрунті. Виходячи з цього, стрілкові лапи встановлені на першому і наступних рядах культиватора або ж знаряддя, завжди мають різний знос.

Слід звернути увагу, що особливістю стрілкових лап ґрунтообробних знарядь є також і те, що це симетричні робочі органи, тому їх знос по крилах однаковий. Однак, в разі неправильного регулювання агрегату, а також при порушеннях розмірів і форми стійок кріплення, може мати місце нерівномірний знос крил стрілкової лапи (рис. 1.2).

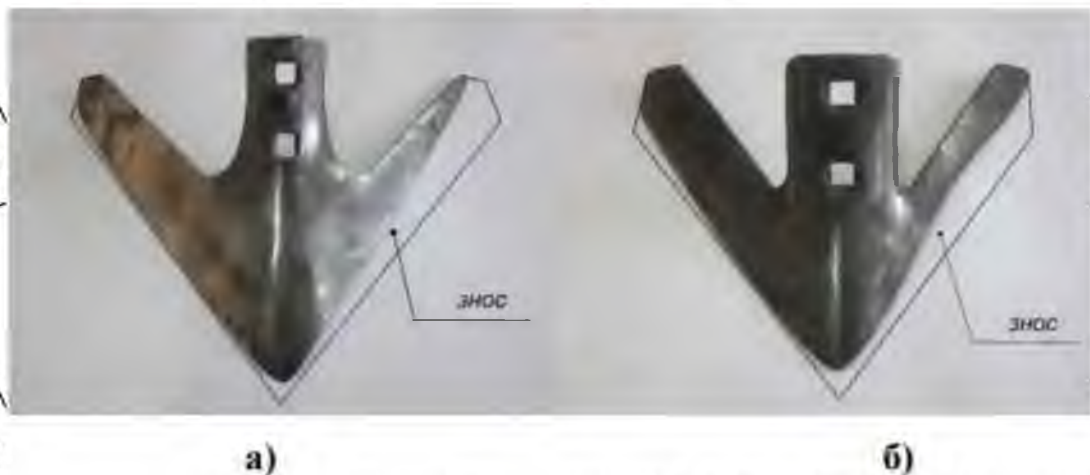


Рис. 1.2 – Зразок стрілкової лапи культиватора КШН-12Н (а) і стрілкової лапи культиватора посівного комплексу John Deere 730 (б), що має нерівномірний знос крил.

Характер зносу стрілкової лапи ґрунтообробного знаряддя залежить від фізико-механічних і технологічних властивостей ґрунту. Самим поширеним мінералом в складі ґрунту є кварц. Його частка в складі ґрунту дорівнює 75 ... 85%, а твердість  $H_V$  становить в середньому 10,5 ... 12,5 ГПа. За ступенем абразивного впливу на стрілкову лапу всі типи ґрунтів діляться на три

характерні групи. Розподіл ґрунтів на групи відбувається залежно від їх зношуються здатності, характеризується відповідним коефіцієнтом  $K_{zn}$ . Він являє собою відношення зносу стрілкової лапи досліджуваного ґрунтом до зносу цієї ж стрілкової лапи еталонної середовищем (абразивної) в ідентичних ґрунтово-кліматичних умовах. В першу категорію включені ґрунти, що мають  $K_{zn} = 1,3 \dots 3,0$ . При роботі на даних ґрунтах стрілчаста лапа ґрунтообробного знаряддя зношується найчастіше по товщині. Другу категорію складають ґрунти, що мають  $K_{zn} = 0,5 \dots 1,3$ . При роботі на даних ґрунтах ріжуча поверхня стрілкової лапи зношується в основному по ширині і в меншій мірі по товщині.

До третьої категорії відносять ґрунти, що мають  $K_{zn} = 0,37 \dots 0,65$ . Знос стрілкової лапи на даних ґрунтах відбувається, головним чином, по ширині.

Найбільш інтенсивно стрілчаста лапа ґрунтообробного знаряддя зношується на піщаних ґрунтах. Далі, в порядку зниження йдуть супіщані, суглинні, глинисті і тяжкоглинисті ґрунти. Вологість ґрунту також дуже впливає на знос стрілчастих лап ґрунтообробних знарядь.

Дослідженнями встановлено, що глинисті і суглинні ґрунти мають найменшою зношуються здатністю при 14 ... 18% -ної абсолютної вологості. Зі зменшенням вологості від зазначених значень їх зношуються здатність спочатку збільшується, а потім різко зменшується. Супіщані ґрунти мають максимальним абразивним зносом при абсолютній вологості 14%. Зі збільшенням або зменшенням вологості від зазначеного значення абразивний знос даних ґрунтів зменшується. При абсолютній вологості 9 ... 10% абразивний знос супіщаних ґрунтів мінімальний.

Одним з основних показників, що визначають працездатність стрілкової лапи, є ступінь підрізання нею бур'янів. На якість виконання даної роботи суттєво впливає кут заточування лапи. Збільшення товщини ріжучої крайки леза і кута заточування стрілкової лапи зменшує ступінь підрізання нею бур'янів, середню глибину обробки ґрунту, викликає підвищення нерівномірності ходу агрегату по глибині і збільшення його тягового опору.

Найбільш інтенсивне зменшення середньої глибини обробки ґрунту стрілкою лапою відбувається в міру збільшення товщини її леза до 0,8 ... 0,9 мм і кута заточування до 20 ... 22°.

Подальше збільшення товщини і кута заточування леза лапи не викликає значної зміни глибини обробки, тобто відбувається її стабілізація.

Досвід показує, що використання зношених стрілкових лап при експлуатації ґрунтообробних знарядь призводить до порушення заданої глибини обробки поля. При утворенні на ріжучій поверхні стрілкою лапи

широкої потиличної фаски виникає вертикальна складова реакції ґрунту, що

призводить до нерівномірності глибини суцільного обробки. Як наслідок, має місце виглиблення стрілкою лапи. Воно відбувається за рахунок того, що заглиблюють сила стає менше сили виштовує.

Серед сучасних культиваторів зарубіжного виробництва слід назвати

культиватор Kristall LEMKEN (рис. 1.15). Це – стерневий культиватор

об'єднує у собі позиції багаторядного агрегата, досягає оптимальної якості роботи при стерневій обробці ґрунту: стрілкові лапи «Tri-Mix» шириною 47 см, мають форму із зігнутими направляючими пластинами на стрілкових

лапах, забезпечують інтенсивне змішування ґрунту; компактна конструкція

сприяє кращому впровадженню по глибині, ніж у багаторядних культиваторів;

потребує менша вантажопідйомність трактора, що дозволяє використовувати навісний агрегат по ширині захвату до 6 метрів; полунавісні моделі можуть

оснащатися комбінованою полунавіскою та працювати з пневматичними

сівалками Солітер; стійки і полусферичні диски для вирівнювання

разташовані таким чином, що забезпечується робота без забивання і ефекту

утворення валок; полусферичні диски автоматично адаптуються до зміни

глибини обробки; на легких ґрунтах Kristall LEMKEN можуть бути оснащені

стрілковими лапами, які мають прямі крила; оснащені системою швидкої

заміни робочих органів, які можуть змінювати робочі органи в залежності від

індивідуальних потреб без використання інструментів.



Рис. 1.3. Лапи культиватору Kristall LEMKEN - Tri-Mix.

В таблиці 1.1 представлена технічна характеристика культиваторів LEMKEN: Kristall 9/500 K та Kristall 9/600 K.

Таблиця 1.1.

Технічні характеристики культиваторів LEMKEN

Стерневий культиватор навісний (модель)	Kristall 9/500 K	Kristall 9/600 K
Ширина захвату, м	5	6,0
Транспортна ширина, м	3	3,0
Кількість лап × пар дисків, мм	11 × 5	13 × 6
Рядів лап × відстань між рядами	2 × 100	2 × 100
Рекомендована глибина обробки, см	5–20	5–20
Маса, кг	2183	2793
Спосіб агрегування	навесної	полунавесної
Мощність трактора, к.с.	от 220	260—320
Лапи	Tri-Mix	Tri-Mix

## 1.2 Критерії граничного стану стрічатих лап культиваторів

В аграрній галузі України одним з найбільш поширених ґрунтообробних знарядь є культиватори. Базовим знаряддям для виконання передпосівної підготовки та розпушування ґрунту, а також знищення бур'янів, як суцільно, так і в междрядях, є культиватор КПС – 4. Він виконується у принципному і навісному варіантах і використовується переважно з тракторами тягового класу 30 кН у зчепленні агрегату з шириною захвату 8 м [1-5].

Робочими органами цих культиваторів є універсальні стрічасті лапи з хвостовиками, основні параметри яких обумовлені ГОСТ 23.2.164-87 «Лапи і стійки культиваторів». Стандарт передбачає 21 типорозмір універсальних стрічастих лап як з наплавленням ріжучої крайки зносостійким сплавом, так і без наплавлення (за погодженням із споживачем). Для культиваторів КПС - 4 використовують лапи типорозміру 3 (ширина захвату  $B = 270$  мм, товщина металу  $\delta = 5$  мм) типорозміру 5 ( $B = 330$  мм,  $\delta = 6$  мм), конструкція яких наведена на рис. 1.16.

Ширина захвату лапи  $B$  встановлюється з умов заглиблення, розпушувальних спроможностей і зручності їх розстановки для міжрядної обробки просяних культур [5 - 6]. Стандарт ГОСТ 23.2.164 - 87 обумовлює для даних типорозмірів лап кути:  $\varphi = 26^\circ 40'$  - кут встановлення носової частини;  $2\gamma = 65^\circ$  - кут розгону;  $\beta = \pm$  про - кут встановлення крил лапи, що забезпечує необхідний обробіток ґрунту без обороту пласта, а також радіус:

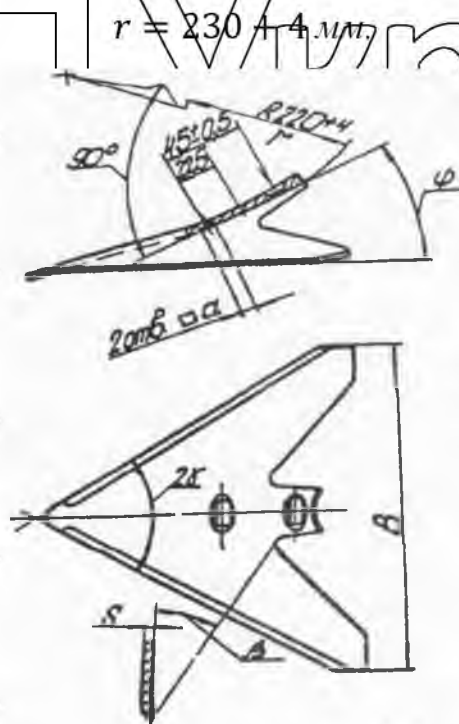


Рис. 1.3. Зразок стрічастої лапи кульватора –(конструкція)

Технічні вимоги для стрічастої лапи передбачає її виготовлення зі сталі, яка за фізико-механічними властивостями не нижче марки 65Г (ГОСТ 14959-

79). Твердість ріжучої крайки лапи, виготовленої без наплавлення, після термообробки в загартованій зоні повинна становити 40...54 HRC і не більше 352 HB в незагартованій зоні.

Для забезпечення ефекту самозатачування і підвищеного ресурсу лапи передбачається зміцнення ріжучої крайки лапи наплавленням з твердого сплаву або іншими технологічними прийомами. Товщина наплавленого шару лапи повинна знаходитися в межах 0,4 мм – 0,5 мм. Твердість наплавленого шару лапи стандартом не регламентується. Для наплавленої лапи обумовляється лише максимальна товщина ріжучої крайки - 0,5 мм. Лезо лапи затачується з боку основного металу до появи наплавленого шару. Хвилястість леза по крайці не повинна бути більше 2 мм при нерівності ріжучої крайки по висоті не більше 0,4 мм. Наявність тріщин в основному металі лап не допускається.

Стандарт не регламентує склад зміцнюючого твердого сплаву, проте обумовлює необхідний наробіток на одну лапу 30 га. При цьому завод-виробник стрічастих лап повинен гарантувати для типорозмірів 2-5 напрацювання 15 га.

Процес зношування робочих органів культиваторів протікає при їх безперервній взаємодії із ґрунтовою масою. Частинки абразиву, що входять до складу ґрунту, ковзають по металевій поверхні, викликаючи поступову зміну форми та розмірів деталі та зрештою її руйнування. Швидкість і характер зношування робочих органів залежить від природи та властивостей абразивних частинок, і навіть від умов взаємодії з матеріалом деталі. Отже, інтенсивність зношування робочих органів культиваторів на різних ґрунтах неоднакова. Середній ресурс лап культиваторів становить 40-100 год.

Більше 60% робочих органів втрачають свою працездатність через граничне зношування носка і крил по ширині. Крім цих до параметрів вибракування відносяться зменшення ширини захоплення, знос хвостовика і поломка крил.

Носок лапи відчуває найбільше навантаження і має підвищену інтенсивність зношування. При цьому зменшуються його довжина, товщина та знижується міцність. В результаті кінчик носка підгортається та обламується. Граничне зношування носка лап становить 30 мм. Інтенсивність зношування ріжучої кромки знижується в міру видалення її від носіння.

Гостроту леза робочих органів культиваторів визначає їх самозагострення. При нормальному та надмірному рівні самозаточування ріжуча крайка визначається товщиною армуючого шару і радіус її заокруглення при цьому дорівнює половині товщини цього шару. За

відсутності самозаточування граничним зносом крайки леза приймають радіус понад 0,5 мм. Граничне зношування крила по ширині стрілкової лапи становить 15 мм.

Одним із важливих факторів, що впливають на ступінь зношування робочих органів культиваторів, є вологість ґрунту. Кількість вологи на тому самому ділянці ґрунту з часом не однакова. Зі збільшенням вологості ґрунт стає пухким. Іншим фактором, що впливає на ступінь зношування робочих органів культиваторів, є щільність ґрунту. При високій щільності ґрунту зростає інтенсивність зношування у верхній грані леза. Особливо цей процес виражений у робочих органах, встановлених у першому ряду та по осі руху коліс культиватора та трактора. В результаті на тильній стороні леза утворюється потилична фаска, розташована під негативним кутом до дна борозни. Потилична фаска переважно впливає величину тягового опору.

В результаті проведеного аналізу можна зробити висновок, що інтенсивність зношування робочого органу культиватора залежить від щільності та складу ґрунту. До складу ґрунту входять різні тверді частинки: дрібнозем – частинки діаметром менше 1 мм, наприклад, кварц та корунд (від 0,01 до 1 мм) та кам'яністі включення (від 1 мм). Дані частинки стирають і деформують лани, що приводить їх у непрацездатний стан.

**1.3 Аналіз способів підвищення довговічності стрілчатих лап культиваторів**

В якості об'єкта дослідження вибрано стрілчасті лапи культиватора КШН-12Н. Цей культиватор призначений для суцільної, передпосівної і знярядь внесли Ауллов В.Ф., Винокуров В.Н., Лебедев А.Т., Лиговченко М.М., Лялякін В.П., Михальченко А.М., Новіков В.С., Рабинович А.Ш., Ткачов В.М., Черноїванов В.І., Бойко А.І., Черновол М.І., Козаченко О.В., Саїнсус О.Д., і багато інших вчених. При цьому багато їх роботи присвячені відновленню і зміцненню стрілчастих лап.

Зносостійкість стрілчастої лапи ґрунтообробного знаряддя доцільно збільшувати, використовуючи зміцнення їх ріжучих поверхонь. Відомо велика кількість способів зміцнення робочих поверхонь деталей. Однак не всі вони доцільні для збільшення зносостійкості стрільчатих лап ґрунтообробних знарядь, які працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування при значних навантаженнях. Для їх зміцнення найчастіше використовують такі основні способи (рис. 1.3).

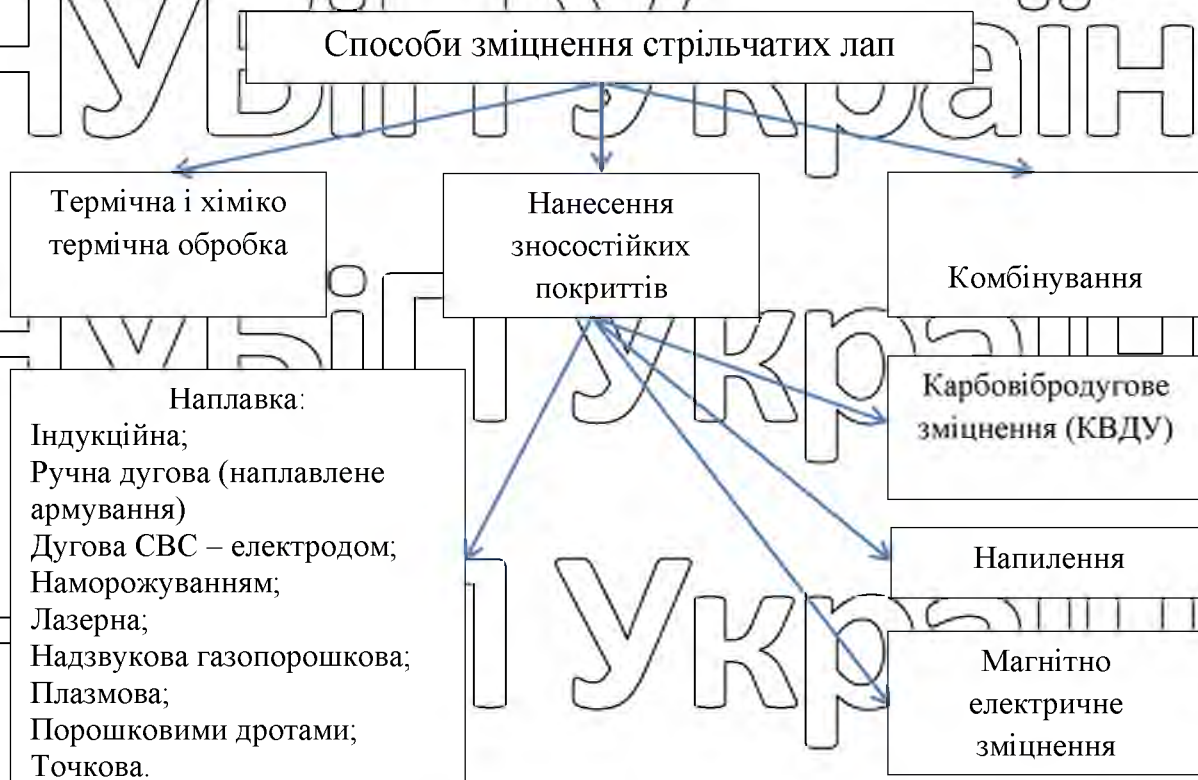


Рис. 1.3. Напрями зміцнення стрільчатих лап ґрунтообробних знарядь

Підвищення зносостійкості робочих органів сільськогосподарських машин вітчизняного виробництва, є актуальною проблемою для аграрних виробників та споживачів, ресурс роботи багатьох елементів сільськогосподарської техніки нижче за імпортні аналоги в 1,5 – 2 рази.

В даний час для виготовлення робочих органів часто застосовують вуглецеву сталь марки 65Г, з наступним зміцненням, що перебуває в термообробці. Така технологія надає деталям твердість 45... 50 HRC та ударну в'язкість. Крім цього, для підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин застосовується індукційне наплавлення, плазмове

наплення, газополум'яне наплавлення, плакування та ін. В результаті таких операцій підвищується зносостійкість деталей, схильних до абразивного зносу.

Для підвищення зносостійкості робочих органів сільгосптехніки застосовується механізована індукційна наплавка. Однак якість наплавленого шару залишає бажати кращого через недосконалість технологічного процесу наплавлення сормайтотом і відсутності операції термообробки лап, що призводить до незначного підвищення довговічності робочих органів сільгоспмашин. Крім того, цей спосіб передбачає наявність дорогого

високочастотного обладнання для наплавлення, що перешкоджає його використанню на малих та середніх підприємствах.

Як зазначено в дослідженнях [21] виготовляються лапи культиваторів цілком штампованими з листової сталі 65Г завтовшки 10 мм з індукційним наплавленням сормайтотом, мають гарантійне напрацювання 25 га, що вважається недостатнім для проведення передпосівної обробки, що здійснюється, як правило, у дуже короткі терміни (10-12 днів).

У зв'язку з цим, можна зробити висновок, що відомі та використовувані до цього часу матеріали для підвищення зносостійкості робочих органів не задовольняють сучасним потребам фермерських господарств за своїми фізичними, механічними якість або з їхньої вартості. Вихід слід шукати у

створенні нових матеріалів або композитів, які відповідають вимогам роботи виробів з їхньої основи у заданих умовах середовища.

Для фермерського господарства будь-якої величини найкращий варіант відновлення та підвищення зносостійкості робочих органів сільгоспмашин у польових умовах. Наприклад, технологія ручної дугової наплавки дозволяє значно збільшувати термін служби швидкозношуваних і важконавантажених деталей, позбавляє господарство від закупівлі великої кількості запасних частин, підвищує надійність та працездатність машин та механізмів.

Однак, серійно випускаються наплавні електроди вітчизняного виробництва (наприклад, ОЗН-400М) не можуть забезпечити необхідну зносостійкість робочого органу сільгоспмашини, а імпортні наплавлявальні електроди (наприклад, N 6060 виробництва концерну Messer Castolin Eutectic) надзвичайно дорогі.

Тому, перспективним є розробка наплавного електрода, що відповідає вимогам сучасного сільськогосподарського виробництва з фізико-механічними властивостями і більш прийнятною ціною. Так, одним із способів досягнення високої зносостійкості є застосування твердих металів. Тверді сплави все частіше використовують як конструкційний матеріал тертьових деталей вузлів тертя і різального інструменту. Вони складаються з карбідів та сполучної фази та виготовляються методами порошкової металургії. Найвпевненіше у наплавленому шарі карбідів тугоплавких металів (TiC, NbC, VC, WC, MoC) підвищує твердість та зносостійкість металу, що у свою чергу збільшує термін безаварійної роботи робочих органів сільгосптехніки.

З усього різноманіття карбідів карбід титану володіє найбільш високою температурою плавлення, а також твердістю з усіх широко застосовуваних для легування карбідів тугоплавких металів. Крім того, структура наплавленого металу при комплексному способі легування готовим з'єднанням карбиду титану забезпечує високу зносостійкість і твердість сплаву, що дає можливість збільшити термін служби машини.

У зв'язку з цим, одним із головних завдань зі створення нових зварювальних матеріалів для дугового наплавлення, що володіють високими фізико-механічними та технологічними властивостями є розробка спеціальних порошкових матеріалів (у тому числі і для порошкових електродів), а також економічних та екологічно чистих технологій їх отримання.

До таких матеріалів і технологій можуть бути віднесені матеріали, отримані методом СВС (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Схема СВС - процесу

Існує великий резерв управління властивостями матеріалу покриття за рахунок модифікування та створення композитної структури. Перспективним методом отримання композиційних матеріалів для наплавлення є проведення

СВС - реакцій у металевих матрицях, для чого проводиться механоактиваційне перемішування металу матриці та компонентів-реактивів у планетарному кульовому млині. Переваги синтезу в матрицях полягають у високій дисперсності та рівномірності розподілу частинок фаз, що утворюються в матриці, в загальному випадку недосяжні при використанні простого змішування раніше синтезованих сполук.

Робочі органи сільгоспмашин крім інтенсивного абразивного зносу піддаються суттєвій корозії, що пов'язано з їх експлуатацією в ґрунті, яка сама по собі є агресивним середовищем для матеріалів основи робочих органів. У зв'язку

з цим як матриця при СВС-реакції використовується нікель-хромова основа, здатна протистояти корозійним змінам.

Для отримання необхідного композиту змішуються порошки вуглецю, титану та наплавочний порошок PR-H70X7C4P4-3 певному співвідношенні.

Потім порошкова суміш піддається механічній активації в планетарному кульовому млині. Через заданий інтервал часу. Після механоактивації в отриманій суміші проводиться СВС-реакція, необхідна синтезу карбиду титану в нікельхромової матриці. Внаслідок реакції синтезується необхідний композит TiC+PR-H70X7C4P4.

Іншим важливим напрямом удосконалення експлуатаційного рівня ґрунтообробних машин є підвищення ресурсу їхніх робочих органів. Основну частину орного фонду країни складають важкі суглинки (34% від загальної площі орних земель), легкі суглинки (25%) та середні суглинки (27%).

Супіщані ґрунти є при цьому найбільш зношуючими, їх коефіцієнт здатності, що зношує, дорівнює 1,7-2,2. Коефіцієнт зношування здатності легких суглинків становить 1,4-2,0, для середніх суглинків - 0,8-1,6 [1-3]. Тому ґрунтообробні агрегати працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування, особливо: лапа культиватора, леміш плуга, долото та інші робочі органи.

В даний час для того, щоб підвищити зносостійкість робочих органів ґрунтообробних машин застосовують: термічне зміцнення, наплавлення з тильного боку леза зносостійкими матеріалами (керамічні та металокерамічні матеріали, сормайт, ПГ-С27, ФБХ6-2 та ін.) для реалізації ефекту самозагострення; удосконалення конструкції (виготовлення додаткових елементів швидко зношуваних елементів стрічастих лап); комбіновані методи [3]. З урахуванням того, що культиваторні лапи ґрунтообробної техніки відносяться до витратних елементів, необхідно для створення конкурентоспроможної технології підвищення їх довговічності зберегти мінімальну собівартість виготовлення та зміцнення.

Лапи культиваторів виготовляють переважно зі сталі 65Г. Їх ресурс, залежно від механічного складу ґрунту, порівняно невеликий і становить від 7 до 18 га [1, 2]. Традиційно лапи культиваторів виготовляють із ресорно-пружинних сталей, піддаючи об'ємній термічній обробці на твердість 35-45 HRC. У сучасних умовах це не забезпечує належного рівня надійності та довговічності, тому ресурс виявляється нижчим за західні аналоги в 1,5-2 рази, як правило, не відповідає вимогам СТБ 1388-2003. Технологію наплавлення (газотермічний метод, нагріванням ТВЧ, наварювання електродом та ін) з тильного боку леза зносостійкими матеріалами для реалізації ефекту самозаточування можна охарактеризувати наступним. Вартість наплавлювальних матеріалів, як правило, підвищує вартість виробів у 1,2-1,5 рази. Отже, для збереження конкурентної ціни на деталь необхідно в 1,8-2,2 рази підвищити опір поверхонь лапи культиватора абразивному зношуванню, збільшити міцність і ударну в'язкість.

У роботах [3-6] зазначено позитивний вплив підвищення ресурсу роботи стрілочастих лап, зміцнених наплавкою. Однак такий спосіб зміцнення відрізняється непостійністю характеристик зносостійкості на різних типах ґрунтів. При верхньому наплавленні – самозаточування проявляється тільки на суглинних, чорноземних ґрунтах. При напрацюванні на ґрунтах середньої вологості – самозагострення спостерігається тільки на піщаних та суглинистих ґрунтах.

У роботі [4] на підставі аналізу існуючих форм культиваторних лап було запропоновано модернізовану конструкцію (рис. 1.5). Стрілочаста лапа культиватора виконана збірно-розбірною і складається з носа, закріпленого до основи 150 лапи болтами кріплення до стійки та двох лез, які вставлені в пази основи лапи та закріплені болтами кріплення лез в основі лапи, рис.. із твердістю 45-48 HRC.



Рис. 1.5. Стрільчаста лапа з накладним елементом.

Модернізовані вироби з накладною носовою частиною після випробувань показали, що зношування крил по ширині не значне і склало в середньому 0,8-1,7 мм. Завдяки використанню накладної носової частини зменшено навантаження на крила та їх знос зумовлений лише підрізанням бур'янів.

Спеціалістами ВАТ «ВІСХОМ» для зміцнення стрілкової лапи ґрунтообробного знаряддя було використано порошковий твердий сплав ПГ-ФБХ-6-2 і ПР-ФБЮ-1-4. Для отримання із зазначеного порошку сплаву зносостійких покриттів на річкові поверхні стрілкової лапи використовують плазмову наплавку, яку проводять в середовищі повітря або аргону. Для розширення одержуваного зміцнюючого покриття при напавленні до даних твердих сплавів додають 2,7 ... 3,5% алюмінію. При такій обробці на зміцнюючій поверхні утворюються покриття, що має високу зносостійкість, якість, відповідність агротехнічним вимогам.

Виконані дослідження по зміцненню стрілкової лапи ґрунтообробного знаряддя з використанням СВЧ плазми на установках. При використанні зазначеної технології на поверхнях лапи відбувається конденсація парів напилюваних матеріалів товщиною 2 ... 3 мм.

Було виявлено, що експериментальна стрілка лапа, зміцнена таким способом, має в 1,5 рази більшу зносостійкість та забезпечує значно краще

самозагострювання, ніж серійна лапа. До характерних недоліків зазначеної технології можна віднести складність обладнання, високу собівартість, а також можливість її використання в умовах машинобудівних підприємств.

Інша технологія підвищення зносостійкості стрілкової лапи ґрунтообробного знаряддя передбачає створення на крилах лапи лез пілкоподібної форми. При реалізації зазначеної технології на верхню частину стрілкової лапи електроіскровим методом за допомогою шаблону наносять твердий сплав ВК6, що має твердість HRC 53 ... 60. Окремі ділянки шириною 6 ... 7 мм і залишають незміцненими.

Крім того, з протилежного боку лапи з використанням СВС зі спеціальним індуктором під шаром охолоджуючої рідини зміцнюють ділянки лез стрілкових лап, що розташовані за місцем проекції дискретних розривів зміцнюючої ділянки зовнішньої сторони лез (твердість HRC 60 ... 65). Так само виступи і западини на лезі лапи будуть відігравати негативну роль при обробці засмічених ділянок через високого ступеня загарбання поживних залишків.

Заслуговує на увагу спосіб зміцнення стрілкових лап ґрунтообробних знарядь наплавлювально порошковим дротом, який передбачає для зниження внутрішніх напружень відпуск. Цей спосіб забезпечує високу твердість ріжучої поверхні лапи (56 ... 58 HRC), але їх ударна в'язкість знижується і через особливості властивостей матеріалів стрілкової лапи і наплавленого зносостійкого шару. Для усунення можливих дефектів та зламів може використовуватися двошарова наплавка. При цьому використовують марки дротів: ПП-АН125, ПП - АН170. Використання двошарової наплавки дозволяє отримати твердість поверхні - до HRC65.

Підвищити ресурс та зносостійкість стрілкової лапи культиватора можливо за рахунок точкового зміцнення. При його реалізації на ріжучу поверхню стрілкових лап з допомогою порошкового дроту ПП-Нп-80Х20РЗТ наплавляють зносостійкі матеріали у вигляді точок. Отримані в результаті цього твердосплавні елементи конусоподібної форми (точки) мають змінний перетин. Їх твердість також є змінною і зменшується до основного металу.

Геометрію точок забезпечують технологічними параметрами процесу: силою струму, напругою, машинним часом наплавлення, вильотом електрода, полярністю, швидкістю подачі дроту.

При експлуатації лапи, що зміцнена з використанням вказаної технології, зони основного металу (меншою твердості) зношуються більш

інтенсивно, і на їх місці виходить западина. Ці западини чергуються з виступами наплавлених ділянок - зносостійких точок). В результаті створюється пилоподібна ріжуча поверхня стрілкової лапи. Однак у даних

лап мають місце викришування і відколи тендітних твердих включень, що викликає підвищений знос їх робочих поверхонь.

В Орловському ГАУ розроблена технологія зміцнення стрілкових лап ґрунтообробних знарядь газополуменевим напиленням з використанням

порошку, що містить суміш (механічну) порошоків ПРНХ17 (60% по масі) і ПР-Х4ГСР (40% по масі) фракцією 40 ... 60 мкм з подальшим оплавленням

нанесеного покриття. Технологія включає наступні основні операції: очищення, абразивно-струменевий обробку напилюємої поверхні, газополуменеве напилювання покриття і його подальше оплавлення, термічну

обробку (загартування і відпустку лапи), заточку леза лапи. В результаті зносостійкість зміцнених лап культиватора КППШ-6 підвищується більш ніж в 3 рази.

Однак собівартість лап культиваторів, зміцнених з використанням запропонованого способу, є досить високою. Це пов'язане з двома основними

факторами. По-перше, плавляться тільки «Самофлюсуючі» порошки на нікелевої основі (ефект самофлюсовання мають сплави системи «нікель-бор-

кремній»), ціна яких є досить високою (в даний час їх ціна перевищує навіть ціну вольфрамівих порошоків). При цьому зносостійкість даних порошоків в

умовах абразивного зношування частками ґрунту нижче зносостійкості (в тих же умовах) сплавів-порошків, основу яких складають високолеговані чавуни.

По-друге, дана технологія передбачає виконання двох окремих операцій

спочатку наплення, а потім оплавлення покриття. Це знижує продуктивність процесу і здорожує його собівартість.

Для зміцнення стрілочастих лопат розроблена зносостійка паяльна суміш, що містить флюс Ф100 (6 ... 8%), твердий сплав ВК8 (40 ... 50%), органічне сполучна (3 ... 12%) і мідний порошковий високотемпературний припій (інше).

Для нанесення суміші використовують газоподум'яний нагрів. Стрілочасті лопати при цьому закріплюють в пристосування, встановлене в супорті верстата, заправляють бункер та пальники порошковою сумішшю (зернистістю 45 ... 160

мкм), підводять супорт верстата до збігу мундштука пальника з кінцем крила

стрілочасті лопати, запалюють пальник і нагрівають поверхню леза лопати до температури 720 ... 830 ° С. Після цього відкривають заслінку пальника для подачі порошку і одночасно включають подовжню подачу супорта (швидкість

руху пальника 175 ... 187 мм / хв забезпечить отримання рівномірного

зміцненого шару шириною 10 мм і товщиною 0,2 ... 0,3 мм). Відкривають

краник подачі охолоджуючої рідини (відстань до струменя охолоджуючої рідини 22 ... 27 мм забезпечить підвищення твердості поверхні леза до HRC 47 ... 50). Подача порошку закінчується над носком лопати, при цьому подача

рідини до носка лопати триває.

Разом з тим, до недоліків даної технології можна віднести низьку міцність зчеплення паяльної суміші до поверхні стрілочасті лопати.

Для збільшення зносостійкості лопати деякі науковці пропонують

використовувати магнітоелектричні зміцнення. Його сутність полягає в

електроіскровому нанесенні ферромагнітних порошоків (Ферохром, ферробор,

ферротитан) або їх композицій у магнітному полі. Але даний метод зміцнення

не завжди забезпечує достатню міцність зчеплення отриманого покриття. Не

завжди є можливість отримати покриття відповідної товщини.

Дослідження, проведені багатьма вченими, дозволили виявити, що в

застосуванні твердих сплавів ґрунтообробних знарядь різного призначення

досягнутий певний поріг. При проведенні аналізу матеріалів зносостійких

експонатів було встановлено, що для значного підвищення зносостійкості

робочих органів ґрунтообробних знарядь найбільш доцільно застосовувати металокерамічні матеріали (МКМ).

МКМ, що можуть використовуватися для підвищення зносостійкості ріжучих поверхонь стрілочастих лап ґрунтообробних знарядь, експлуатованих в абразивній ґрунтовій масі, складаються з металевої сталевий основи (Матриці) з включеними до її складу надтвердими керамічними включеннями (оксидами, карбідами, нітридами і т.д.), тобто являють собою композиційний матеріал. Композиційний матеріал – це штучне поєднання різних за властивостями і формою двох або декількох матеріалів. При цьому МКМ мають чітку межу розділу між ними. Значною перевагою МКМ є те, що вони об'єднують в собі позитивні властивості тих матеріалів, які входять до їх складу.

При зміцненні деталей знарядь МКМ найбільш часто наносяться на робочі поверхні у вигляді покриттів. Існує досить велика кількість способів, що дають можливість формувати дані покриття. Одним із сучасних перспективних способів отримання металокерамічних покриттів є карбовібродугове зміцнення (КВДУ) з використанням вугільного електрода і багатокомпонентних металокерамічних паст. Представлений спосіб зміцнення розроблено групою вчених ГОСНІТИ. Суть способу полягає в наступному. Спочатку на ріжучу поверхню стрілочастих лап наносять пасту, які висушують до затвердіння. Розплавлення пасту виробляють з використанням вібруючого вугільного електрода. При горінні електричної дуги на зміцнюючій ріжучій поверхні з компонентів пасту утворюється металокерамічне покриття. Одночасно відбувається дифузійне насичення матеріалу стрілочастий лапи вуглецем за рахунок його дифузії при сублимації електрода. Однією з позитивних сторін способу КВДУ є те, що його реалізацію можна здійснювати як на машинобудівних заводах, так і в невеликих ремонтних майстернях фермерських підприємств. Такі способи зміцнення дозволяють значно підвищувати зносостійкість ріжучих поверхонь стрілочастий лапи, що може відрізнитись масою та габаритними розмірами.

До комбінованого способу зміцнення стрілкової лапи ґрунтообробного знаряддя відносять ті технологічні процеси, які поєднують в собі як термічну зміцнюючу обробку, так і нанесення на ріжучу поверхню зносостійкого матеріалу. Штампованозварна лапа складаються з тримача і двох крил, що мають леза, з'єднані між собою зварюванням плавленням.

Прикладом такого виробництва є технології машинобудування, де випускають стрілкові лапи штампованих конструкцій. Їхні крила виготовляють з рессорно-пружинної сталі 50Х, а держатель - зі сталі 45, після чого піддають термічній обробці. Леза лап додатково зміцнюють методом

електроіскрового легування (ЕІЛ) твердим сплавом ВК8 або Т15К6. Товщина зміцнюючих покриттів, що отримано при ЕІЛ, в середньому становить 0,23 ... 0,27 мм.

Однак приварювання крил лапи до тримача, який поступається їм у розмірах і масі, призводить до зниження надійності та міцності лапи. Крім цього, незначна товщина зміцнюючого покриття, отриманого ЕІЛ, не дозволяє забезпечити необхідний ресурс штампованій стрілкової лапи в експлуатації.

Таким чином, проведений аналіз способів зміцнення стрілкових лап ґрунтообробних знарядь показав, що спосіб КВДУ є одним з найбільш перспективних. При його використанні забезпечується значне підвищення зносостійкості і довговічності зміцнюючих робочих органів, а вживане обладнання відрізняється простотою конструкції і невисокою вартістю. Слід зазначити, що компоненти, що входять до складу розроблених для зміцнення паст, мають невисоку вартість і доступність у використанні.

Особливий інтерес становлять культиватори, технічний стан яких значно впливає на якість передпосівного обробітку землі. В Україні ефективно використовують культиватори вітчизняного та іноземного виробництва як нові, так і ті, що вже були в експлуатації. Основними виробниками культиваторів в Україні є наступні машинобудівні підприємства: ПАТ «Ельворті» (місто Кропивницький) (місто Хмільник Вінницької області), ВАТ «Шепетівський завод» (м. Шепетівка).

Статистичні дані показують, що лише за останні роки в Україні щороку виробляється близько 10 тисяч культиваторів і розпушувачів, на яких встановлюють стрільчасті лапи, гарантійне напрацювання яких, згідно з технічними вимогами, має бути не меншим 25 га. Як показує досвід експлуатації культиваторів, напрацювання на відмову стрільчастих лап на різних ґрунтах не перевищує 14-19 га. Із досвіду використання встановлено, що напрацювання культиватора КРН-4,2, оснащеного зміцненими наплавленням стрільчастими лапами, на чорноземах становить 30-35 га. За період експлуатації для забезпечення працездатності стрільчасті лапи слід 3-4 рази відтягувати й 10-15 разів заточувати.

Інтенсивне абразивне зношування лап зумовлює малий термін експлуатації, що спричиняє потребу у випуску додаткових комплектів їх у запасні частини. Крім того, із затупленням лез відчутно знижується якість обробітку і зростають витрати пально-мастильних матеріалів, тому підвищення довговічності лап є однією з актуальних проблем забезпечення надійності культиваторів і ґрунторозпушувачів.

Досвід використання та відновлення працездатності свідчать, що характерними відмовами культиваторів є: зношування і затуплення робочої поверхні, що долікаються ґрунту (стрільчастих, розпушувальних і підгортальних); зношування втулок носей коліс, манжет і нарізних поверхонь; перекіс і скручування деталей рами; перекіс грядилів; зношування механізмів підйому робочих органів і керування колесами тощо. Розпушувальні лапи виготовляють із сталі Ст.5 і Ст.6 завтовшки 5-7 мм із зміцненням за шириною леза 25-30 мм, стрільчасті лапи різних типів і підгортальні - із сталі 70Г і сталі 65Г.

Більшість робочих органів культиваторів (окрім розпушувальних лап) виготовляють такими, що самозагострюються, оскільки вони наплавлені з тильного боку твердими сплавами (Сормайт-1 і Сормайт-2). Через це їх не відновлюють ковальським способом - відтягненням леза.

Наплавлену стрільчасту лапу при зношуванні носка відновлюють приварюванням накладок, виготовлених з вибрактованих сегментів косарок або з дисків сонників посівних машин. Після приварювання на виступаючу частину накладки з тильного боку наплавляють шар Сормайту-1 завтовшки 0,7-1,0 мм. Після наплавлення приварену накладку зачищають і загострюють лезо.

#### 1.4 Аналіз матеріалів для підвищення довговічності лап

грунтообробних машин

Виходячи із теорії тертя і зносу, а також результатів експериментальних досліджень показників надійності культиватора [7, 40, 41] визначено вимоги до зносостійких матеріалів, які працюють в умовах абразивного зношування:

- структура таких сплавів повинна бути гетерогенною, складатися з твердих зерен, рівномірно розподілених в пружнопластичній матриці, не повинна істотно змінюватися в процесі тертя;

- поверхневий шар третьових матеріалів повинен володіти меншою міцністю, ніж нижні шари (правило позитивного градієнта) і не наклепуватися

в процесі тертя;

- між структурними складовими матеріалу повинен існувати міцний адгезійний зв'язок.

Матеріал, який призначений для нанесення зносостійкого покриття, може застосовуватися у вигляді електроду, присадного прутка, порошку, дроту [56, 65]. Встановлено, що найбільш перспективним матеріалом для зміцнення лапи культиватора є порошковий матеріал, оскільки основними методами нанесення покриттів на їх ріжучий елемент є індукційне і газопорошкове наплавлення [50 - 56]. Вивчення процесу зношування робочого органу культиватора з різними видами зміцнення показало, що найбільшу зносостійкість мають лапи з індукційним наплавленням твердих сплавів на нижню грань леза і з верхнім фрезеруванням [84].

Порошковий наплавочий матеріал виготовляється на основі заліза, нікелю, кобальту або їх сумішей. Горезький завод наплавлювальних твердих сплавів (ТЗНТС) випускає для наплавлення гранульовані порошки на основі заліза із сплавів наступних марок: ПГ - УС25, ПГ - С27 і ПГ - ФБХ -6 -2.

Отримують ці порошки водним розпиленням [54, 58].

Порошок марок ПГ - УС25 і ПГ - С27 призначений для індукційного наплавлення робочих органів, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування. Порошки марок ПГ - ФБХ - 6 - 2 призначені для дугового наплавлення неплавким електродом. Залежно від гранулометричного

складу перераховані порошки виготовляються наступних класів: великий (К), середній (С), дрібний (М), дуже малий (ОМ) (табл. 1.2).

Для газопорошкового і плазмово - порошкового наплавлення найбільший інтерес представляють порошки на основі нікелю і кобальту [54, 58].

Самофлюсуючий порошок на їх основі широко випускаються різними закордонними фірмами, насамперед, «Sabot» (США), «ІТІ» (Австрія) «Castolin» (Швейцарія), та інші.

Таблиця 1.2.

Гранулометричний склад і твердість порошків для індукційного наплавлення

Марка порошка	Форма частинок	Размір частинок по класам, мм				HRC
		К	С	М	ОМ	
ПГ-УС25	Оскольчата	1,25...0,80	0,8...0,4	0,4...0,16	< 0,16	55
ПГ-С27	Оскольчата	1,25...0,80	0,8...0,4	0,4...1,16	< 0,16	53

Відома марка порошків для наплавлення, що випускаються за кордоном [68, 71]. Крім однорідних порошків для наплавлення і напикання застосовують механічні суміші різних порошків.

До розроблених в країнах СНД порошкоподібних наплавлювальних сумішей відносяться сталніт, УС -25, Вокар, шихти С - 2М, КБХ, БХ, ФБХ - 6 - 2 і ВИСХОМ -9 [54, 68, 71]. Шихта поліпшеного сталніта містить 37,7%

ферохрому, 10,8% феромарганцю, 47,1% чавунного порошку і 4,4% нафтового коксу (по масі).

Покращений сталініт широко застосовується при відновленні робочих органів культиваторів через низьку вартість і недефіцитність, однак по зносостійкості він поступається наплавленню сумішами зі вмістом бору.

Вокар являє собою механічну суміш вольфраму з вуглецем. Шихта ВИСХОМ - 9 на 74% складається з подрібненої стружки строго чавуну, 15% феромарганцю, 5% - ферохрому і 6% срібlistого графіту, пов'язаних між собою розчином рідкого скла з водою. Твердість металу, наплавленого такою шихтою, становить 55...58 HRC, зносостійкість в 1,6 рази вище, ніж покриття, наплавленого електродами Т-590.

Порошкові суміші типу ФБХ містять в середньому 4 - 5% вуглецю, 2 - 4% марганцю, 1,5 - 2,8% кремнію, 1,5 - 2,0% бору, 35 - 44% хрому, решта залізо. Суміші ПС-14-60 і ПС-14-80 (табл. 1.3) призначені для індукційного наплавлення деталей сільськогосподарських машин, які працюють в умовах абразивного зношування. Вони мають високу зносостійкість і знижений опір ударам. Розмір порошкоподібних частинок зазначених сумішей становить 0,5...1,25 мм, твердість наплавленого металу для ПС-14-80 - 58...63 HRC, для

ПС-14-60 - 61...64 HRC.

Таблиця 1.3.

Порошкові суміші для індукційного наплавлення

Назва компонентів	Вміст компонентів в наплавочній суміші марки, %	
	ПС-14-80	ПС-14-60
Феррохром вуглець марки ФХ-800	80 ± 5	60 ± 5
Сплав ЛГС-1	20 ± 5	40 ± 5

З аналізу встановлено, що найбільш близьким до «ідеального» матеріалу для роботи в умовах абразивного зношування є композиційні матеріали. Це – об'ємне шгучне поєднання різнорідних за формою і властивостями двох або більше матеріалів з чіткою межею розподілу між ними, з використанням

переваг кожного. Такі покриття можна отримати використовуючи або механічні суміші вихідних компонентів (найчастіше металеві та керамічні порошки) або завдяки їм сформовані композиційні матеріали у вигляді порошків, електродів (прутків), стрічки і т.д. Випускаються промисловістю механічна суміш порошків для покращення композиційних покриттів газопорошковим наплавленням і напиленням представлені в табл. 1.4 [54, 62].

Таблиця 1.4  
Порівняльний аналіз механічних сумішей порошків для отримання композиційних покриттів

Матеріал	Марка	Состав, %	Завод
Нікелевий самофлюсуєчий сплав + карбід вольфраму	ВСНГН-35 ВСНГН-80 ПС-ЮНВК-0,1 ПС-12НВК-0,1	35...80WC 35...80WC 60WC	ТЗНТС
Ніхром + карбід хрома	ПС-85КХ+15Х20Н80 ПС-75КХ+25Х20Н80 КХ+35Х20Н80	85% Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> + 15% ніхрома 75% Cr <sub>3</sub> Cr + 25% ніхрома 65% Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> + 25% ніхрома	«Тулачермет»
Нікель-алюмінієвий порошок + карбід хрома	ПС-85КХ+15Ю5Н ПС-70КХ+30Ю5Н	85%Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> + 15% (Ni-Al) 70% Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> + 30%(Ni -Al)	-.-
Кобальт + карбід вольфраму	ВК-25	75% WC + 25% Co	ТЗНТС

Таблиця 1.5.

Аналіз композиційного порошку для нанесення зносостійкого покриття

Матеріал	Марка	ГОСТ или ТУ	Масовий состав, %
Нікель-карбід вольфраму	ВНП-15.ВНП-20, ПКВН-20, ПКВН-30, 1ЖВН-40, ПКВН-50, ВН-10, ВН-20,ВН-30	ТУ 87ГССР01-87, ТУ 48-3-107-84, ТУ 48-19-3 81-85	Ni 15...20 Ni 20...50 Ni 10...30
Нікелевий сплав карбід вольфраму - алюмінію	ПТ-19НВК-01	ТУ 48-4206-156-82	WC 16...20; Al 8
Нікель-оксид алюмінію	ПОАН-79, ПОАН-60, ПОАН-30	ТУ 48-3-145-84	Ni 70...30
Нікель - карбід хрому і титану	ПКХТН-40, ГЖХТН-30, ПКХТН-20	ТУ 48-3-150-84	Ni 40...20
Нікель-карбід титана	КТНП-35	ТУ 87ГССР01-87	Ni 3 5
Нікель - карбід хрома	КХНП-20, КХНП-25, КХНП-30,КХН-15, КХН-30	ТУ 48-19-381-85	Ni 15...30

МКМ являють собою інтегровані комплекси вихідних компонентів (метал, кераміка, пластмаса) в кожній частці. Для нанесення зносостійких покриттів доцільно використання композиційних порошків систем: метал (сплав) - тугоплавке металічне з'єднання.

Представлений асортимент таких МКМ випускають фірми (США), Швейцарії та окремих країн Євросоюзу. Крім того, у Швейцарії також застосовують металокерамічні електроди для зносостійкого наплавлення деталей типу «шнек», що працюють в умовах абразивного зносу.

З метою відновлення або ж наплавлення робочого органу ґрунтообробної техніки широке застосування отримали електроди-кермети системи  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  - М. Структура представлених керметів складається із зерен карбиду хрому, зцементованих твердим розчином на основі нікелевого зв'язку.

НДЗ НВО «Композиційні системи» виробляє ряд композиційних стрічок, що містять карбіди металів (ЕНЛНакхіл-20, ЕНЛНЖКТ-40, ЕЛННЖКВ-20, що мають товщину стрічок від 0,9 до 4 мм, ширину 20-66 мм (ТУ 87 ГССР-03-88).

### 1.6. Висновки і завдання дослідження

Представлений аналіз літературних джерел показав, що довговічність лап культиваторів залишається на низькому рівні і потребує підвищення. Існуючі методи забезпечення абразивної зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин не враховують нерівномірний характер їх зношування по всій геометрії та товщину крайки. Особливий інтерес викликають композиційні матеріали системи «метал - кераміка», які є найбільш перспективними для підвищення абразивної зносостійкості та забезпечення ресурсу ґрунтообробних знарядь. Найбільш технологічним методом нанесення зміцнюючих покриттів на стрічасті лапи залишається індукційне наплавлення, яке дозволяє наносити порошкові покриття різного складу, в т.ч. композиційні. В роботі необхідно вирішити наступні задачі дослідження.

1. Проаналізувати конструкцію та принцип роботи ґрунтообробних знарядь. Встановити причини втрати працездатності та особливості

зношування стрілочастих лап культиваторів, виявити можливі шляхи підвищення їх довговічності.

2. Провести аналіз та розробити структурну схему надійності культиватора, розробити заходи для забезпечення їх ресурсу.

3. Обґрунтувати основні заходи підвищення зносостійкості стрілової лапи культиваторних лап при нанесенні композиційних покриттів. Встановити закономірності зміни концентрації зносостійких наповнювачів в матеріалі наплавки для забезпечення рівномірного зносу лапи.

6. Дослідити характер втрати геометричної форми зміцненої лапи культиватора, визначити її довговічність в умовах рядової експлуатації.

## Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ КУЛЬТИВАТОРІВ

### 2.1. Дослідження культиватора як складної технічної системи

На сьогодні в Україні забезпечення надійності складної сільськогосподарської техніки, в тому числі і ґрунтообробних агрегатів, зокрема культиваторів, потребує особливої уваги та комплексу заходів.

Ґрунтообробні агрегати, що використовуються в аграрній сфері, морально і фізично застаріли і пристосовані для використання в умовах затратних систем при обробці ґрунту [50, 51].

Для структурного аналізу ґрунтообробних агрегатів з позицій надійності взято культиватор КНС – 4. Схема забезпечення надійності

культиватора приведена на рис. 2.1 [32, 49, 51]. Як показує проведений аналіз, питаннями надійності складних технічних систем і комплексів машин присвячена значна кількість досліджень [32, 51], що охоплюють як системи, які відновлюються, так і ті, що не відновлюються при втраті працездатності.

Про важливість і доцільність дослідження показників забезпечення надійності культиваторів КПС - 4 вказують наступні основні положення.

1. Постійне ускладнення ґрунтообробних агрегатів, включаючи культиваторів для підвищення їх багатоопераційності і продуктивності вказує на необхідність звернення особливої уваги на проблемі забезпечення їх надійності на стадії проектування.

2. Скорочення термінів проектування та виробництва техніки, зменшення фінансування розробок виключають можливість використання в повному обсязі результатів полігонних випробувань і підконтрольної експлуатації машин. Перспективними в цьому напрямку є дослідження, що направлені на оцінку та забезпечення надійності складних технічних систем.

3.

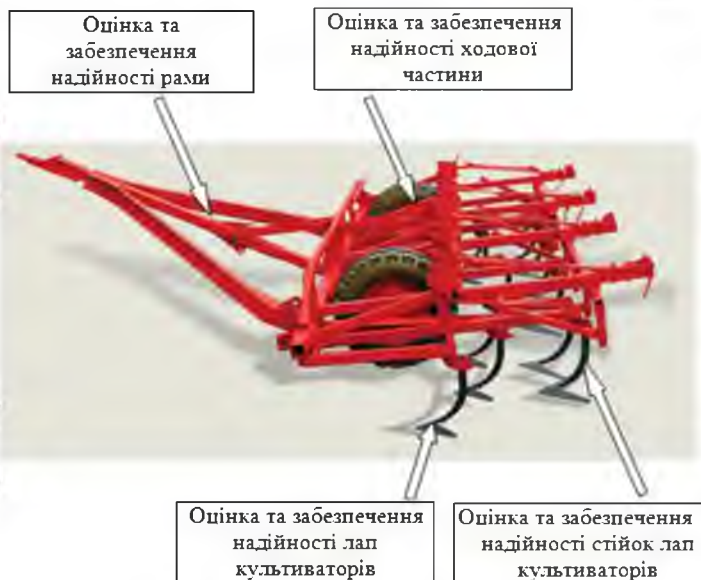


Рис. 2.1. Структурна схема забезпечення надійності КПС-4.

3. Необхідність врахування людського фактору при проектуванні, виробництві та експлуатації складних технічних систем та їх комплексів, якими є сучасні ґрунтообробні агрегати. В умовах обмеженості часу на прийняття рішення, виникає необхідність в детальному аналізі культиваторів як СТС «Людина-Машина-Середовище» (СТС «ЛМС»).

4. Використання результатів основних положень теорії і практики надійності СТС «ЛМС», які досягнуті за останні десятиріччя в розвинутих галузях промисловості, включаючи енергетику, електротехніку, ІТ-технології.

В умовах сьогодення, структура СТС складної сільськогосподарської техніки, включаючи культиватори, багато в чому визначається тільки їх функціональним призначенням.

З позицій оцінки та забезпечення надійності, структурну схему культиватора можна звести до основної схеми надійності – тобто послідовного з'єднання підсистем. При цьому, на стадії проектування не закладаються основні положення структурної надійності як наслідок попереднього розрахунку на надійність.

Слід зазначити, що навіть в питаннях пасивного резервування, коли мова йде про необхідність нормування запасних частин, відсутній попередній аналіз і синтез надійності СТС. Необхідно звернути увагу на створення нового покоління більш сучасної ґрунтообробної техніки, що базується на аналізі роботи і виявленні недоліків в умовах рядової експлуатації.

Послідовність оцінки і розрахунку рівня надійності культиваторів, як СТС зводиться до наступних етапів:

- визначаємо характерні умови експлуатації, виявляємо основні відмови та причини, які призводять до їх формування та виникнення;

- вводим показники кількісної оцінки надійності СТС, що характеризують роботу системи;

- СТС розкладаємо на окремі підсистеми та елементи, що функціонально пов'язані між собою;

- складаємо функціональні схеми структурної надійності СТС;

- обґрунтуємо ПН елементів і підсистем, виявляємо ймовірності їх станів в довільний момент часу роботи;

- визначимо ймовірності станів всієї системи в залежності від станів окремих елементів і підсистем;

- проводимо загальну оцінку показників надійності всіх можливих станів складних систем.

## 2.2. Дослідження структурного забезпечення надійності

**культиваторів, як складних систем**

Розрахувати надійність СТС – це означає визначити її кількісні показники надійності за відомими показниками надійності підсистем і елементів, які входять до її складу.

Найбільш прийнятними є кілька методів розрахунку надійності, основними з яких є [29, 52].

- методи, засновані на застосуванні класичних теорем теорії ймовірностей;

- логіко-ймовірнісні методи;

- топологічні методи, методи, засновані на теорії марківських процесів;

- методи інтегральних рівнянь; методи статистичного моделювання.

Проаналізуємо основні способи опису функціонування складної системи в розрізі її надійності: структурна схема; функції алгебри логіки; дерева відмов; граф станів; диференціальні і алгебраїчні рівняння; інтегральні рівняння. Опишемо ці способи і наведемо приклади їх використання.

Структурна схема надійності системи. Кожний елемент складної системи зображується у вигляді геометричної фігури, найчастіше прямокутника. Прямокутники з'єднують лініями таким чином, щоб отримана структурна схема відображала умови роботоздатності.

В якості прикладу на рис. 2.1 наведена схема забезпечення структурної надійності культиватора КПС – 4, як СТС.

Резервування елементів здійснюється методами постійно включеного резерву, заміщенням і з дробовою кратністю  $m = 1/2$ . Із структурних схем наочно видно умови працездатності. Система, як представлена на рис. 2.1 буде працездатна, якщо всі її елементи будуть у працездатному стані. Відмова будь-якого елемента порушить працездатність системи, настає її відмова. СТС на рис. 2.1,б працездатна, якщо справним є елемент 1 і будь один елемент дубльованих пар, а також два будь елемента з трьох резервованих з дробовою кратністю  $m = 1/2$ .

Висока наочність, основна перевага цього методу. Його основним недоліком є далеко не повна інформація про функціонування системи.

Наприклад, з рис. 2.1 не ясно: ремонтуєма чи неремонтуєма система, дублювання здійснено рівнонадійними елементами чи ні, яка періодичність обслуговування системи, якщо вона ремонтуєма (кількість ремонтних бригад, пріоритетність обслуговування), яка кратність резервування в разі резервування з дробовою кратністю. Зазначені ці і ряд інших недоліків вимагають додаткових описів умов працездатності системи, яку представлено у вигляді структурної схеми. Тільки за цих умов можна виконати аналіз системи за критеріями надійності. Необхідно мати на увазі, що структурна схема надійності не являється математичною моделлю функціонування системи.

### **2.3 Дослідження динаміки зношування стрічкової ланки культиватора по довжині ріжучої крайки**

Як відомо з попередніх досліджень, що процес взаємодії робочих органів культиваторів при переміщенні в ґрунтового абразивному середовищі зводиться до впливу абразиву ґрунту на клин з плоскою або криволінійною робочою поверхнею.

Тиск, який чиниться ґрунтом на клин, залежить від характеру деформування матеріалу, параметрів клина, швидкості його переміщення, фізико-механічних властивостей і стану ґрунту. Нормальний тиск ґрунту на клин має дві складові: динамічний і статичний тиск.

При переміщенні шару ґрунту по клину в точці М на робочу поверхню діє кілька сил: вага пласти, динамічний тиск  $N$ , сила тертя  $F_{\text{тпр}}$  (рис. 2.2)

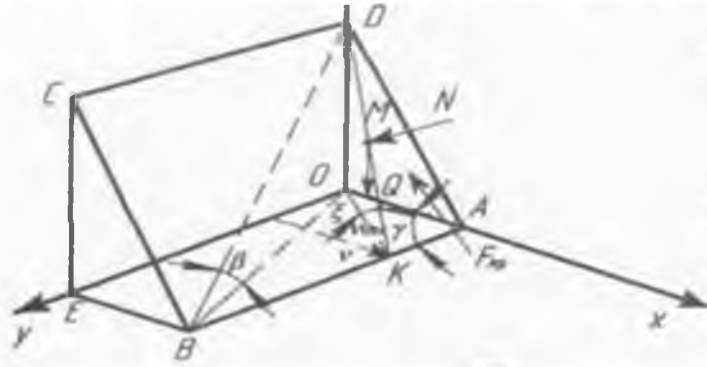


Рис. 2.2. Схема дії сил на клин при проведенні операція - культивуації

Величина абразивного зносу лапи культиватора являє собою функцію від кількох важливих факторів:

$$h = f(p, L, H_{\mu}, m, S), \quad (2.1)$$

де  $p$  – нормальна сила динамічного тиску ґрунту;

$L$  – довжина шляху тертя робочого органу;

$H_{\mu}$  – твердість матеріалу робочого органу;

$m$  – показник зношувальних властивостей абразиву;

$S$  – площа тертя робочого органу.

Формули інтенсивності зношування лапи культиватора в абразивному середовищі від тиску ґрунту та шляху тертя аналогічна зносу при терті по абразивній поверхні:

$$\frac{I}{L} = k_{\text{кр}}, \quad (2.2)$$

де  $I$  – інтенсивність зношування лапи;

$L$  – шлях тертя лапи;

$p$  - тиск ґрунту;  
 $k$  - коефіцієнт пропорційності, що залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу деталі і стану ґрунту

Враховавши, що шлях тертя лапи культиватора становить  $L = V_{отн} \cdot t$ , маємо:

$$\frac{I}{t} = k V_{отн} p \quad (2.3)$$

де  $V_{отн}$  - швидкість відносного переміщення частинок абразиву по поверхні тертя лапи культиватора;

$p$  - тиск ґрунту.  
 Базуючись на положення з теореми про зміну імпульсу сили тиску при дослідженні лапи культиватора, можемо записати:

$$F_S \Delta t = \Delta(m V_{abc}), \quad (2.4)$$

Враховавши, що  $V_{abc} = \text{const}$ , сила тиску буде становити:

$$F_S = V_{abc} \frac{\Delta m}{\Delta t}, \quad (2.5)$$

де  $V_{abc}$  - абсолютна швидкість часток ґрунту після вступу на клин лапи культиватора;

$\frac{\Delta m}{\Delta t}$  - швидкість зміни маси ґрунту, що надійшла на клин лапи культиватора.

Враховуючи геометричні розміри елемента пласта ґрунту, швидкість зміни маси ґрунту, що знаходиться на клині лапи культиватора отримаємо:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = ab \rho V_{пер} \quad (2.6)$$

де  $a, b$  - відповідно товщина і ширина елемента пласта щодо лапи культиватора;

$V_{пер}$  - поступальна швидкість клину лапи культиватора;

$\rho$  - щільність ґрунту.

В процесі переміщенні клину лапи в ґрунті абразивні частки пласта здійснюють складний рух: переносне, разом з клином, та і відносне по робочій поверхні клина.

Необхідно звернути увагу на той факт, що абсолютну швидкість руху

контактуючих частинок можна знайти за слідуючою залежністю

$$V_{абс} = V_{пер} \sqrt{1 + \Delta^2 - 2\Delta \cos \alpha}, \quad (2.7)$$

де  $\Delta = \frac{V_{отр}}{V_{пер}}$ .

Після підстановки (2.6) та (27) отримаємо:

$$F_s = ab\rho V^2 (1 + \Delta^2 - 2\Delta \cos \alpha)^{1/2}, \quad (2.8)$$

Проекція сили  $F_s$  на напрям нормалі до поверхні клина буде складати:

$$N_s = ab\rho V_{пер}^2 \sin \varepsilon \sin \gamma, \quad (2.9)$$

де  $\varepsilon, \gamma$  - відповідні кути, показані на рис. 2.1.

Вага елемента ґрунту, що знаходиться на клині знаходити можна за

наступною залежністю;

$$Q = abL\rho g, \quad (2.10)$$

де  $L$  - довжина елемента пласта;

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

Проекція сили  $Q$  на напрям нормалі до поверхні клина буде становити:

$$Q = abL\rho g \cos \varepsilon. \quad (2.11)$$

На основі з аналітичних залежностей, (2.9) і (211) для загальної сили нормального тиску  $P_s$  елемента пласта на клин буде мати наступний вигляд:

$$P_s = N_s + Q = ab\rho(V_{nep}^2 \sin \varepsilon \sin \gamma + qL \cos \varepsilon), \quad (2.10)$$

При цьому сила тертя становить:

$$F_{mp} = fab\rho(V_{nep}^2 \sin \varepsilon \sin \gamma + qL \cos \varepsilon). \quad (2.11)$$

Враховуючи рівняння (2.11) у співвідношенні (2.2), будемо мати залежність для встановлення інтенсивності зносу поверхні лапи клиноподібної форми:

$$I = \frac{kab\rho V_{omn}}{a} t (V_{nep}^2 \sin \varepsilon \sin \gamma + qL \cos \varepsilon). \quad (2.12)$$

Вивчення складових із залежності (2.12) показує, що при збільшенні кута  $\varepsilon$  робочої поверхні підйом пласта ускладнюється, ґрунт сильно деформується і ущільнюється перед клином.

Можна припустити, що при цьому підвищується нормальний тиск ґрунту на клин, швидкість відносного ковзання пласта по робочій поверхні зменшується, у клина утворюються застійні зони ґрунтових частинок і величина зношування зменшується.

Враховуючи, що [7, 20], зношування ріжучих крайок лап культиваторів є незворотнім дисипативним процесом, обумовленим руйнуванням ґрунту при виконанні корисної роботи. Величину і характер зносу визначаються з розподілу напружень на робочих поверхнях лапи.

Виходячи з робіт [54, 57], загальну закономірність зміни папряження в полярній системі координат можна представити рівнянням:

$$\sigma = \sigma_{ov} \sin \varepsilon, \quad (2.13)$$

де  $\sigma_{ov}$  - граничне швидкісне напруження руйнування ґрунту;

$\varepsilon$  - кут між полярною віссю і радіусом кривизни різальної крайки лапи (рис. 2/2).

Маючи інформацію про величину напруги в даній точці робочої поверхні лапи культиватора можна визначити зусилля, що діє на неї в процесі взаємодії з ґрунтом:

$$dm = Q \sqrt{(dp/d\varepsilon)} + \rho^2 \cdot d\varepsilon. \quad (2.14)$$

По відношенню до елемента дуги кривої профілю елемента лапи, яка зношується, тиск ґрунтової маси в даній точці становить :

$$p_n = \sigma = \sigma_{0v} \sin \varepsilon. \quad (2.15)$$

Вважаючи, що в зносі культиваторною лапи домінуюча роль належить абразивному зносу, швидкість зносу по нормалі до поверхні тертя визначається законом Хрущова - Бабічева [37, 39]:

$$V_n = \frac{dh}{dt} = k p_n V_{omn}. \quad (2.16)$$

де  $k$  - коефіцієнт зношування;

$V_{omn}$  - швидкість відносного переміщення ґрунту по поверхні лапи.

Згідно з дослідженнями, проведеними в роботі [10] середня швидкість переміщення ґрунту по робочому органу ґрунтообробної машини в першому наближенні не залежить від розташування розглянутої точки:

$$V_{пер} = \frac{V}{3}, \quad (2.17)$$

де  $V$  - швидкість поступального руху лапи.

Оскільки зношування є незворотнім дисипативним процесом, який протікає з витратами зовнішньої енергії, то баланс потужності зусилля, після перетворення можна представити в наступному вигляді:

$$N = \frac{k \sigma_{0v}^2}{6 \gamma_n} \int_a^b r(\varepsilon) \cdot (1 - \cos 2\varepsilon)^2 d\varepsilon. \quad (2.18)$$

Радіус кривої  $r$ , що описує профіль лапи в процесі зносу є змінною величиною, яка залежить від кута повороту самого радіусу.

Інтеграл у правій частині залежності (2.18) можна розглядати як функціонал, який об'єднує всілякі функції, якими можна описати криві профілів ріжучої кромки лапи в процесі зносу.

Використовуючи варіаційний принцип [54] для випадку незворотного процесу зношування, модуль швидкості зношування в напрямку швидкості руху лапи сягатиме мінімум при мінімальних значеннях функції:

$$\int_a^b r(\varepsilon)(1 - \cos 2\varepsilon) d\varepsilon \Rightarrow \min. \quad (2.19)$$

У полярній системі координат рівняння кривої другого порядку можна представити наступним чином [57]:

$$r = \frac{\Phi \lambda}{1 - \lambda \cos \varepsilon}, \quad (2.20)$$

де  $\Phi$ ,  $\lambda$  - відповідно фокальний параметр і ексцентриситет кривої.

Якщо врахувати співвідношення (2.20), у виразі (2.19), то дослідженню на екстремум слід піддати функціональну залежність:

$$\Phi = \int_a^b \frac{\sin^2 \varepsilon}{1 - \lambda \cos \varepsilon} d\varepsilon \Rightarrow \min, \quad (2.21)$$

Насамперед, у (2.21) зробимо заміну:

$$\sin \varepsilon = y \quad (2.22)$$

$$\cos \varepsilon = \frac{d(\sin \varepsilon)}{d\varepsilon} = y' \quad (2.23)$$

Враховуючи (2.22) і (2.23) в (2.21), маємо:

$$\Phi = \int_a^b \frac{y^2}{1 - \lambda y'} d\varepsilon \Rightarrow \min. \quad (2.24)$$

Використовуючи теорію варіаційного числення до формули (2.24), маємо диференціальне рівняння Ейлера:

$$F_{y'} = \frac{y^2 \cdot \lambda}{(1 - \lambda \cdot y')^2}, \quad (2.25)$$

Оскільки диференціальне рівняння (2.25) не містить незалежну змінну, то рішення цього рівняння можна представити у наступному вигляді:

$$F_y - y' \cdot F_{y'} = C, \quad (2.26)$$

де  $C$  - постійна інтегрування;

$$F_{y'} = \frac{y^2 \cdot \lambda}{(1 - \lambda \cdot y')^2} - \text{часткова похідна, яка дорівнює:}$$

$$F_{y'} = \frac{y^2 \cdot \lambda}{(1 - \lambda \cdot y')^2}. \quad (2.27)$$

Підставивши (2.27) в (2.26) і проводячи деякі перетворення, приходимо до диференціального рівняння виду

$$y' = \frac{y}{c_{1\lambda}} + \frac{1}{\lambda}, \quad (2.28)$$

де  $C_1 = \sqrt{c}$ .

Диференціальне рівняння (2.28) є рівнянням з відокремленими змінними:

$$\frac{dy}{\frac{y}{c_{1\lambda}} + \frac{1}{\lambda}} = d\varepsilon. \quad (2.29)$$

Інтегрує рівняння отримаємо:

$$\lambda C_1 \ln \left( \frac{1}{\lambda C_1} y + \frac{1}{\lambda} \right) = \varepsilon. \quad (2.30)$$

Враховуючи заміну (2.22), (2.23), рішення диференціального рівняння прийме вигляд:

$$\lambda C_1 \ln \left[ \frac{\sqrt{(\phi\lambda)^2 + (r - \phi\lambda)^2} + C_1}{\lambda C_1 \sqrt{r}} \right] = \varepsilon. \quad (2.30)$$

Формула (2.30) характеризує профіль лапи культиватора при природному зносі, а постійну інтегрування  $C$  визначає з початкових умов.

Наочну картину інтенсивності зносу лапи культиватора можна отримати з виразу (2.30), використовуючи пакет прикладних програм «Компас».

При розгляді найбільш простого випадку, коли вихідна крива профілю лапи культиватора близька до форми параболи, то в якості первинного значення можна прийняти  $\lambda = 1$ . Тоді при  $\varepsilon = \pi/2$  і параметрі  $\phi = 2r$  формула (2.30) прийме наступний вигляд:

$$C_1 \ln \left[ \frac{\sqrt{(4r^2 - (r - 2r)^2)}}{C_1 \lambda \sqrt{r}} \right] = \frac{\pi}{2} \quad (2.31)$$

Провівши цілий ряд перетворень отримуємо аналітичну залежність, що містить одну невідому - постійну інтегрування:

$$\ln \left( \frac{r\sqrt{3} + C_1}{r C_1} \right) = \frac{\pi}{2 C_1} \quad (2.32)$$

Провівши розв'язок аналітичної залежності відносно  $r$ , маємо:

$$r = \frac{C_1}{C_1 \cdot \exp(\pi/2 C_1) - \sqrt{3}}. \quad (2.33)$$

Визначаючи величину  $C_1$  у певні моменти часу за залежностями аналітичними (2.30) і (2.33) можна отримати залежність зносу ріжучої крайки культиваторної лапи.

## 2.4. Аналіз зносу стрілочастих лап культиватора вздовж довжини ріжучої крайки

Результати комп'ютерного моделювання взаємодії лапи культиватора з ґрунтом дали можливість побудувати якісну картину розподілу питомих тисків на різних поверхнях роботи лапи ґрунтообробного засобу. Проведений аналіз епюр тиску і зносу лапи дають можливість стверджувати, що найбільш навантаженими зона є носок і прилеглі до носка зони крил стрілочасті лапи культиватора.

Випробування та експериментальні дослідження, що наведені в роботах [7, 11, 25] підтверджують, що найбільша інтенсивність зношування стрілочастих лап ґрунтообробних знарядь характерна для носка. У міру віддалення від носка інтенсивність зносу ріжучої крайки лапи знижується.

Виходячи з результатів експериментів [6 – 8], залежність між зміною інтенсивності зносу і самої інтенсивністю можна описати диференціальною залежністю:

$$\frac{dI}{dL} = K \cdot I \quad (2.34)$$

де  $I$  – інтенсивність зносу лапи;

$\frac{dI}{dL}$  – зміна інтенсивності зносу на елемент довжини лапи;

$K$  – коефіцієнт пропорційності.

Значення представленого коефіцієнта залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу деталі і ґрунту, а також експлуатаційних факторів, включаючи: швидкість руху агрегату; питоме навантаження на робочий орган наступний вигляд:

$$K = \frac{H_M \times \sqrt{E_M S}}{H_d \sqrt{pT}} \quad (2.35)$$

де  $S$  - площа робочої поверхні лапи;

$T$  - напруження на одну лапу;

$x$  - емпірична постійна, що враховує інші чинники.

$H_M, H_a$  - відповідно твердості матеріалу лапи і абразиву;

$E_M$  - коефіцієнт пружності матеріалу лапи;

$p$  - питома навантаження ґрунту на лапу;

Після інтегрування, диференціальне рівняння (2.34), як рівняння із

змінними і врахуємо співвідношення (2.35):

$$\frac{dl}{l} = \frac{H_M x}{H_a} \sqrt{\frac{E_M S}{pT}} dl \quad (2.36)$$

$$\int_0^l \frac{dl}{l} = \int_0^l \frac{H_M x}{H_a} \sqrt{\frac{E_M S}{pT}} dl$$

Для даних умов абразивного зносу маємо:

$$\ln l = - \frac{H_M x}{H_a} \sqrt{\frac{E_M S}{pT}} \cdot l + \ln C \quad (2.37)$$

Беручи до уваги, що інтенсивність зносу носка лапи при  $l = 0$  дорівнює  $I = I_0$  знайдемо постійну інтегрування:

$$\ln I_0 = - \frac{H_M x}{H_a} \sqrt{\frac{E_M S}{pT}} \cdot l. \quad (2.38)$$

Враховуючи вирази (2.38) і (2.37), після деяких перетворень, отримаємо аналітичну залежність зміни інтенсивності зносу стрілкової лапи ґрунтообробного знаряддя по довжині її ріжучої крайки.

$$I = I_0 \frac{-H_M x}{H_a} \sqrt{\frac{E_M S}{pT}} l. \quad (2.39)$$

Залежність інтенсивності зносу по довжині ріжучої крайки стрічатої лапи для даних умов у певний момент часу приведена на рис. 2.3.



Рис. 2.3. Розподіл інтенсивності зносу по довжині ріжучої крайки стрічатої лапи культиватора.

Аналіз показує, що нерівномірний знос стрічатої лапи культиватора по довжині можна пояснити нерівномірним розподілом тиску ґрунту на елемент її довжини. Отримані дані добре співставляються з результатами аналізу геометрії серійних зношених лап культиватора.

Припускаючи, що носок лапи культиватора знаходиться на глибині  $h$  (рис. 2.4), отримаємо формулу розподілу тиску ґрунту по довжині лапи. Виделений елемент площі на глибині  $X$  елементарної полоски дорівнює:

$$dS = \frac{adx}{\sin \alpha} \quad (2.40)$$

Тоді елемент сили тиску ґрунту на робочу поверхню визначається наступною залежністю:

$$dP = a \frac{dx}{\sin \alpha} x \rho g, \quad (2.41)$$

де  $\rho$  – щільність ґрунту;

$a$  – ширина полоски робочої поверхні;

$g = 9.81 \text{ М/с}^2$  - прискорення вільного падіння.

Проінтегруємо вираз (2.41) і отримаємо:

$$P = apg \int_{h_{пл} - l \sin \alpha}^h \frac{x dx}{\sin \alpha} = \frac{apg}{\sin \alpha} \frac{1}{2} x^2 \Big|_{h-l \sin \alpha}^h = \frac{apg}{2 \sin \alpha} [h^2 - (h - l \sin \alpha)^2] =$$

$$apg(h - \frac{1}{2} l \sin \alpha) \quad (2.42)$$

Таким чином, характер розподілу сили тиску ґрунту по довжині режучої крайки стрілкової лапи культиватора для різних товщин шару ґрунту показан на рис. 2.4.

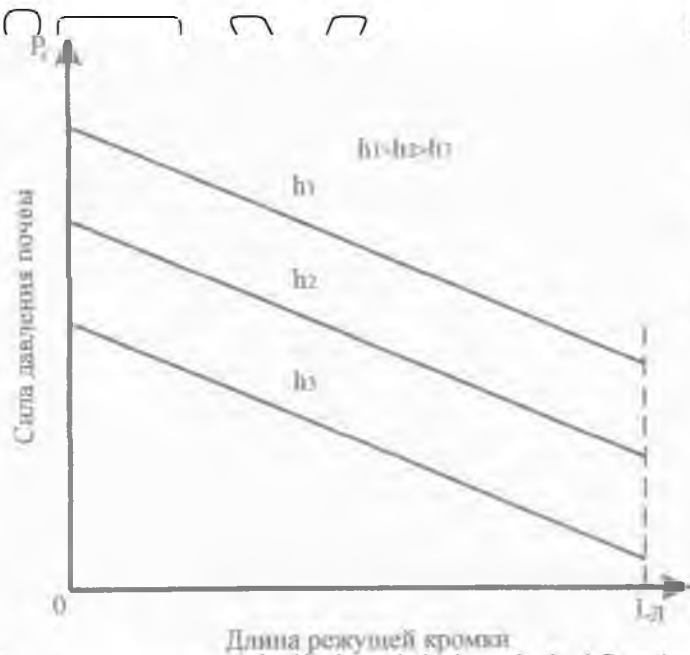


Рис. 2.4. Розподіл сили тиску ґрунту по довжині стрілкової лапи при різних товщині шару ґрунту.

Беручи до уваги фактор часу, формула (2.39) перетворюється на наступний вигляд:

$$I = I_0 \cdot e^{-\frac{H M X}{N a}} \sqrt{\frac{E M S}{\rho a V t}} \cdot l, \quad (2.43)$$

$a$  - ширина захвату лапи,

$t$  - поточний момент часу.

Характер зміни інтенсивності зносу по довжині ріжучої кромки культиваторної лапи від часу наробітку представен на рисунку.

Крім того з рівняння (2.39) випливає, що лінійний знос по довжині ріжучої кромки лапи культиватора має ту ж закономірність, що й інтенсивність зношування:

$$h = h_0 \cdot e^{-\frac{H_M X}{H_a} \sqrt{\frac{E_M S}{\rho a v t}}} \quad (2.44)$$

де  $h_0$  - лінійна величина зносу носка лапи ( $l = 0$ ).

### Висновки по другому розділу:

На підставі моделі зносу стрілястих лап ґрунтообробних знарядь, а також теоретичного обґрунтування підвищення їх роботоздатності нанесенням композиційних покриттів встановлено наступне:

1. Динаміка зношування робочих поверхонь лап культиватора аналітично описується виразом (2.30), що дає можливість досліджувати інтенсивність зносу на окремих ділянках.

2. Розподіл інтенсивності зношування (формула 2.39) і лінійний знос (формула 2.44), мають експонентний характер: найбільший знос має носок лапи культиватора, а найменший - її крила лапи.

3. Отримана аналітична залежність (2.43) розподілу сили тиску ґрунту по довжині ріжучої крайки лапи ґрунтообробного знаряддя для різної товщини пласта ґрунту, що дає можливість побудувати епюри зносу робочої поверхні.

### 3.1. Програма досліджень

Надійність культиватора визначається довговічністю культиваторних лап, а довговічність – в умовах абразивного зношування в першу чергу визначається такими факторами: складом робочого середовища та динамічними умовами взаємодії з ним поверхонь культиваторної лапи; складом кераміко-металевого покриття, що забезпечує ефект самозагострення ріжучої крайки культиваторної лапи; режимом формування кераміко-металевого покриття в процесі індукційного наплавлення.

Теоретичні та експериментальні дослідження з підвищення довговічності лапи культиваторної проводяться в наступній послідовності:

1. Теоретичний аналіз зміни форми і розмірів лапи культиватора під час її експлуатації в абразивному середовищі. Формування процесу управління зносостійкістю лапи, що враховує нерівномірний характер зношування по всій її довжині.

2. Вивчення характеру зносу лапи культиватора, визначення характерних ділянок, що передбачають найбільше зміцнення.

3. Дослідження на зразках лабораторних раціонального складу, структури та характерних властивостей зміцнюючих зносостійких покриттів.

4. Формування технологічних умов отримання кераміко-металічних покриттів змінного складу індукційного наплавлення.

5. Обґрунтування технологічного процесу зміцнення стрічатої лапи культиватора, вивчення її довговічності шляхом стендових і експлуатаційних випробувань, техніко-економічного обґрунтування.

### 3.2. Методика вимірювання зносу лап культиватора

Вивчення та аналіз робіт з вивчення динаміки зносу леза стрічатої лапи культиватора показує, що найбільш інтенсивно зношується поверхня в зоні носка. Загальноприйнята практика вивчення ступеня зносу лапи культиватора

передбачає вимірювання відстані від першого отвору до носка та визначення ширини крила в середній частині [7, 27-28].

Такі вимірювання дозволяють лише встановити гранично допустимі значення зносу на відповідних ділянках (рис. 3.1). Оцінку зносу культиваторної лапи проводять, визначаючи лінійний знос за допомогою штангелів, циркулів або ж штангензубомірів. Граничними показниками зносу стрілкової культиваторної лапи з шириною захвату 270 мм вважається відстань від першого отвору кріплення до носка 130 мм, ширина крила в середній частині 36-38 мм.

Прийнята методика вимірювання зносу не дозволяє досить точно

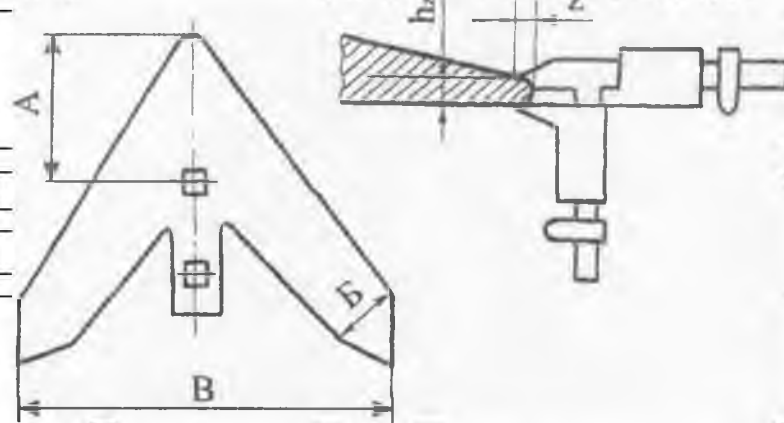


Рис. 3.1. Контрольовані параметри лапи культиватора: В - ширина захвату; А - відстань від першого отвору до носка (довжина носка); Б - ширина крила на кінці лез;  $h_z$  - товщина режучої крайки на відстані 2 мм от вершини.

описувати характеристики зміни геометрії носка лапи.

З метою визначення закономірностей зносу по довжині ріжучого леза стрілкової лапи пропонується використати методику визначення закономірності зносу її окремих ділянок. Лінійні зноси лапи визначали щодо контуру нової (шаблонної) лапи в 14 - ти (мінімально по 7) точках вздовж кожного крила (приклад вимірювання на рис. 3.2).



### 3.3. Проектування технологічного процесу відновлення лапи

культиватора

Стрільчасті лапи виготовляють із сталі 65Г, Ст 5 і Ст 6 товщиною 5...7

мм з твердістю на ширині леза 25...30 мм, твердістю - 42-52 HRC. Більшість робочих органів культиваторів (крім зрихлювальних лап) виготовляються самозагострюючими, наплавленими з тильної сторони твердим сплавом сормайт 2.

Доремонтна товщина різальної крайки 0,1...0,5 мм в процесі роботи збільшується до 1,5...2,7 мм. Після цього лапу потрібно відновити.

Коли лапа культиватора понаддопустимо зношена, основним способом відновлення вважають приварювання накладки на носок і наплавлення на лапу шару зносостійкого покриття. Після цього лапа заточується на цеховому пристосуванні для заточування лапи культиватора.

Допустимим способом також може бути відновлення деталі постановкою з'їжних лез, наплавлення лапи шихтою з твердого сплаву за допомогою вугільного електроду.

### 3.4. Методика нанесення зносостійких покриттів

Нанесення зносостійкого покриття на лапи із сталі 65Г може проводитись на діючому промисловому устаткуванні ПАТ «Ельворті».

Наплавлення струмами високої частоти проводили на установці типу ВЧГ-2-100/0.066, потужністю  $N = 100$  кВт за прийнятим на заводі режим: струм

індуктора - 0,8 А; струм анода - 7,5-8 мА; сяють - 12А; потужність - 10 кВт.

Підготовку поверхні зразків проводили методом фрезерування торцевою фрезою до шорсткості  $R_z40$  (рис.3.3).



Рис.3.3. Фрезерування поверхні культиваторної лапи під індукційне наплавлення.

Перед наплавленням суміш (шихту) рівномірно розподіляти по ріжучій країці товщиною 2-2,3 мм, шириною 15-16 мм з подальшим ущільненням дерев'яною лінійкою. У разі змінного по довжині леза складу кераміко-металевої порошкової суміші засипка різних за концентрацією складів шихти проводилася за зонами, відповідними характеру зносу леза. Охолодження наплавлених лап проводиться на повітрі. Товщина наплавленого шару знаходиться в межах  $0,4^{+0,25}_{-0,10}$  мм. Контроль правильності форми і розмірів лап після наплавлення проводився за допомогою контрольного контуру згідно



ГОСТ 23.2.164-87 (рис. 3.4).

Рис. 3.4. Культиваторна лапа після індукційного наплавлення

## РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП ЗМІЦНЕНИХ КОМПОЗИЦІЙНИМИ ПОКРИТТЯМИ

### 4.1. Вивчення зносостійкості серійних культиваторних лап

В силу деформації стійок і неточностей закріплення 15% культиваторних лап, вони експлуатувалися без виникнення ефекту самозаточування. У цьому випадку знос таких лап в 2,0-2,5 рази перевищував значення, які мають місце для випадку лап, які працювали з самозаточуванням.

Дані про знос таких лап при статистичній обробці не враховувалися. Однак ці результати свідчать про значне збільшення затуплення культиваторних лап при роботі без самозаточування.

Основним критерієм можливості роботи і граничного зносу лапи, що роблять неможливим її подальшу експлуатацію, є відстань від носка лапи до першого кріпильного отвору (розмір А, Рис.3.1). Інші контрольовані параметри (розміри  $h_z$  - товщина ріжучої крайки на відстані 2 мм від вершини, В - ширина захвату і Б - ширина захвату крила на кінці лез) під час випробувань змінювалися значно менше порівняно з відстанню від носка лапи до першого кріпильного отвору (розмір А). Результати дослідів динаміки зношування стрілочастих лап по відстані від носка лапи до першого кріпильного отвору представлені на рис. 4.1.

Результати досліджень показали, що серійні лапи не виробляють гарантійний термін. Відповідно до ГОСТ 23.2.164-87 він становить 25 га, а допустимий знос для даного типорозміру лап дорівнює 20 мм. Це пов'язано з тим, що ширина зміцнюючого покриття на носку культиваторних лап даного типорозміру не перевищує 22 мм. При цьому на крилах стрілочастих лап залишається неповністю зношений наплавлений шар, що вказує на недостатньо ефективного використання досить дорогого матеріалу покриття.

За результатами випробувань одержані контури різальних крайок культиваторних лап (рис. 4.2). Дані вимірювань зносу культиваторної лапи

свідчать, що після 30 годин стендових випробувань контур носка розташовується в незміщеній зоні, що призводить до обробки ґрунту без самозаточування з прискореним абразивним зносом (рис. 4.2). При цьому на крилах лапи залишається наплавлений зносостійкий шар. За результатами

стендових випробувань проведено вимірювання лінійних зносів в контрольних точках у відповідності з розробленою методикою в напрямку паралельному руху робочого середовища. На крилах стрілочастих лопат лінійний знос зростає із збільшенням тривалості стендових випробувань. У міру

наближення до носка інтенсивність зносу зі збільшенням часу напрацювання істотно зростає. У початковий період випробувань також має місце прискорений знос носка, що пов'язано з округленням його контуру.

Лінійні зноси серійної стрілочастої лапи (В – 270 мм), у контрольних точках при різній тривалості стендових випробувань: 1-48 год.; 2 - 96 год.; 3 - 144 год.; 4 - 192 год.

Виходячи з досліджень, в процесі експлуатації внаслідок різниці в інтенсивності зносу на різних ділянках лапи наплавлений шар на носку стирається значно швидше, ніж на крилах. Знос носка є лімітуючою ланкою проблеми довговічності культиваторної лапи, в той час як наплавлений шар на крилах залишається не повністю зношеним.

Виміри зносу серійної культиваторної лапи в експлуатації підтвердили закономірність, що встановлена при стендовому випробуванні.

На графіку, який приведено на рис. 4.1 по осі абсцис відкладаємо ресурс, а по осі ординат - лінійний знос лопат культиваторів.

Виявлено, що зносостійкий шар на носку лапи проявляється після напрацювання 17... 19 га. Після такого напрацювання на цій ділянці проходить істотне прискорення зносу без виникнення ефекту самозаточування. У цей час на крилах культиваторної лапи навіть після напрацювання 35 га частково зберігається наплавлений зносостійкий шар.

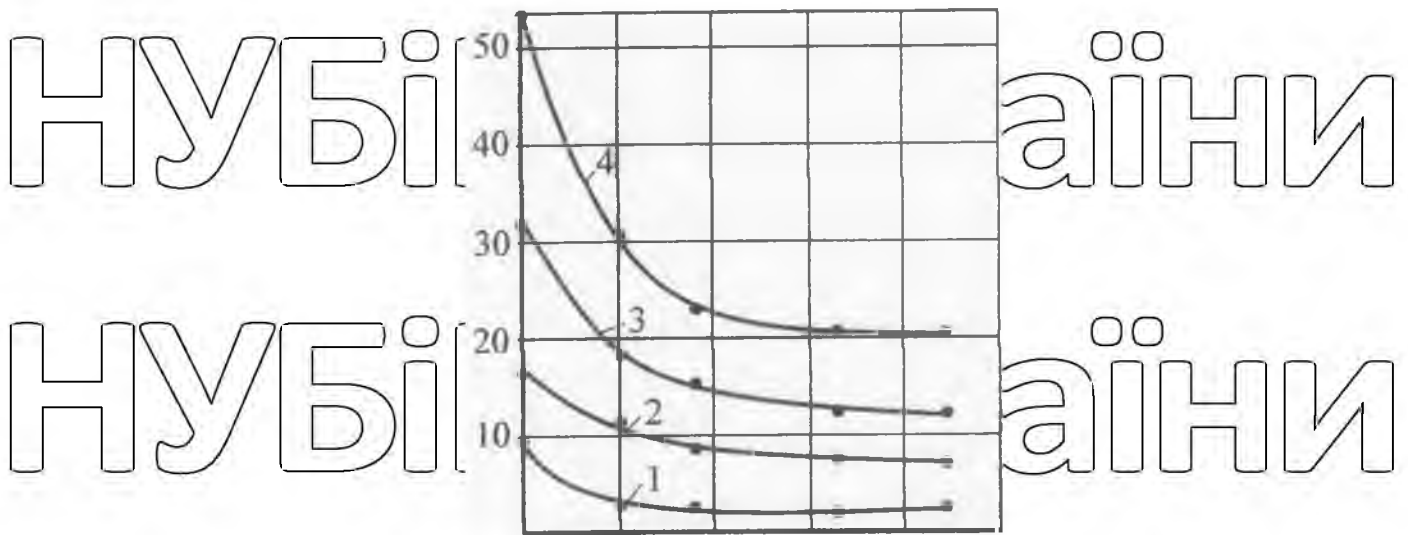


Рис. 4.1. Лінійні зноси серійної стрілкової лапи ( $B = 270$  мм), виміряні в контрольних точках при різному напруцюванні в процесі експлуатаційних випробувань: 1- 5 га; 2- 15 га; 3-25 га; 4-35 га

Вигнутий характер лінійного зносу ріжучої кромки по довжині лапи пов'язаний зі зменшенням товщини наплавленого шару в процесі випробувань. Дані результати свідчать, що з метою підвищення довговічності культиваторних лап з шириною захвату 270 мм, а також для забезпечення більш рівномірного зносу лапи по довжині, раціонально для зміцнення передньої частини (шкарпетки) на довжину до 50 мм використовувати наплавку більш зносостійкими кераміко-металевими покриттями, ніж для зміцнення крил.

Довжина виступаючого попереду сталевого корпусу лапи наплавленого зносостійкого шару, утвореного в процесі самозаточування у серійної лапи становить  $0,7 \pm 0,3$  мм. Ріжуча крайка серійних лап відрізняється наявністю значного числа нащерблених ділянок.

#### 4.2. Експлуатаційні випробування зміцнених культиваторних лап на довговічність

Для проведення експлуатаційних випробувань були відібрані культиваторні лапи, наплавлені з порошкових сумішей засипання по зонах

(варіант № 1): зона № 1 ( бункер № 1 - суміш ПГ - УС -25 +30% КХНП -20 ); зона № 2 ( бункер № 2 - суміш ПГ - УС -25 +20% КХНП -20); зона № 3 ( бункера № 3,4,5,6 - суміш ПГ - УС -25 +10 % КХНП -20 ); зона № 4 ( бункер № 7 - порошок 100 % ПГ - УС- 25). При цьому довжина засипки шихти і, відповідно,

наплавлених зон уздовж ріжучого леза починаючи від носка становила 0 ... 40 мм - ПГ - УС -25 +30% КХНП -20, 40 ... 80 мм - ПГ - УС -25 +20% КХНП -20, 80 ... 240 мм - ПГ - УС -25 +10% КХНП -20, 240 ... 270 мм - 100 % ПГ - УС -25. Усереднено вміст наповнювача КХНП-20 в наплавленому шарі при такому

варіанті засипки шихти становить 13%.

Після напрацювання 35 га ріжучі кромки культиваторних лоп, зміцнених індукційної наплавленням зносостійкого шару змінного складу за наведеним вище варіантом були гладкими, без помітного прояву (більше 2 мм) хвилястості.

Абразивний знос мав вибірковий характер, найбільшою мірою проявлюючись в області носка культиваторної лопи. При цьому до напрацювання 30...35 га в області носка зберігався наплавлений зносостійкий шар і відзначається наявність самозаточування ріжучих краєнок. За результатами експлуатаційних випробувань проведено вимірювання лінійних

зносів в контрольних точках відповідно до розробленої методики в напрямку паралельному руху робочого середовища.

Наплавлений зносостійкий шар на носку експериментальних культиваторних лапах зношується після напрацювання не менше 30 га (у серійних - 19 га), у той час як у серійних лапах лінійний знос носка в 2,2 ...2,5 перевищує знос крила стрілкової лопи, у експериментальних лапах така різниця значно менше. Це свідчить про більш раціональне використання дорогих компонентів порошкової шихти, що утворює зносостійке кераміко - металеве покриття (рис. 4.2). Відстань від носка по ширині захоплення, мм

лінійні зноси експериментальних (1, 2) і серійних (3, 4) стрілкової лоп (В = 270 мм), виміряні в напрямку руху при різній напрацюванні у процесі

експлуатаційних випробувань: 1, 5 - 25 га; 2, 6-35 га; 3-40 га; 4 - 45 га показані на рис. 4.2.

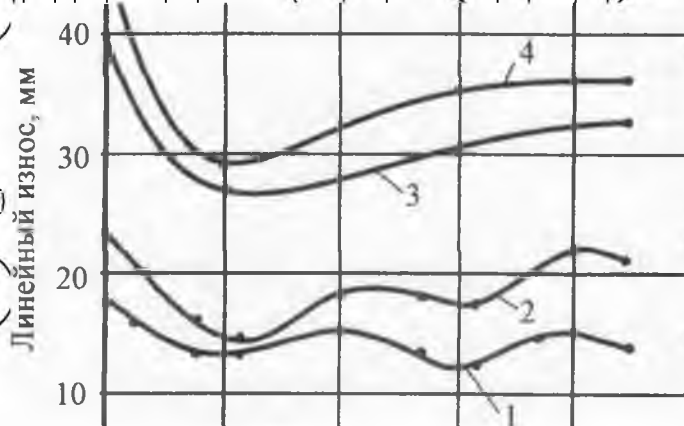


Рис. 4.2. Лінійні зноси експериментальних (1,2) і серійних (3,4) стрічкових лоп культиваторів

Результати експлуатаційних випробувань показали високу ефективність застосування індукційного наплавлення кераміко-металевих покриттів змінного складу (зона 1 ПГ - УС -25 +30% КХНП -20, зона 2 ПГ - УС -25 +20% КХНП - 20, зона 3 ПГ - УС -25 +10% КХНП - і > зона 4 100% ПГ - УС -25) для підвищення довговічності культиваторних лоп.

Основним вибракувальним параметром для стрічкових культиваторних лоп є граничне значення відстані від першого кріпильного отвору до носка. У стрічкових самозагострювальних лоп гранична величина зносу приймається рівною ширині наплавленого шару на носку. Для стрічкових культиваторних лоп з шириною захвату 270 мм (Н 043.05.407) рекомендується приймати цю відстань рівною 25 мм, що відповідає ширині наплавленого шару. У досліджених серійних лоп ширина наплавленого шару на носку не перевищує 22 мм. Експлуатаційні випробування показали, що у серійних лоп граничні значення зносу наплавленого шару на носку досягаються при награтуванні 19 га, а у експериментальних - після 32 га.

Таким чином, індукційне наплавлення носка культиваторної лопи кераміко-металевим покриттям із суміші на основі порошків ПГ УС- 25 і 30% КХНП -20 збільшує період роботи з ефектом самозагострювання в 1,68 разів.

У виробничих умовах наплавлені стрілчасті лапи експлуатують до зменшення відстані від першого кріпильного отвору до носка 130 мм, що відповідає зносу 45 мм. При цьому 50% зносу носка відбувається без утворення ефекту самозатачування.

Першу ділянку до моменту досягнення зносу на носку 22 мм (робота з самозатачування) за інтенсивністю має суттєві відмінності у серійних і експериментальних лапах. Подальша експлуатація супроводжується зносом в зоні носка корпусу лапи з однаковою підвищеною інтенсивністю у серійних і експериментальних лап. Граничний знос носка серійних культиваторних лап досягається при середньому наробітку 29 га, а експериментальних - при 42 га. Повне напрацювання на відмову експериментальних лап перевищує аналогічний показник серійних лап в 1,45 рази. При цьому до напрацювання 40 га на крилах стрілчастої лапи залишається наплавлений шар невеликої ширини, що забезпечує роботу цих ділянок з самозатачуванням.

#### 4.4. Висновки по четвертому розділу

1. Серійна технологія індукційного наплавлення порошкової суміші ПС 14-60 не забезпечує досягнення довговічності культиваторних лап передбачених технічними умовами. Внаслідок різниці в інтенсивності зносу на різних ділянках леза, наплавлений шар на носку стирається значно швидше (у 1,8 - 2,0 рази) ніж на крилах.

2. Основною причиною незадовільної зносостійкості наплавлених шарів серійних лап є наявність тріщин в наповнювачі покриття - ферохрому ФХ- 800 і, як наслідок низька міцність зчеплення наповнювача з матрицею покриття.

3. Встановлено, що для індукційного наплавлення змінних за кількістю наповнювача кераміко - металевих покриттів раціонально використовувати петлевий індуктор із змінним відстанню між нитками від 20 мм на носку до 25 мм до кінця крила лапи.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ЛАП КУЛЬТИВАТОРІВ

Комплекс заходів з охорони праці і техніки безпеки на ділянці з відновлення працездатності культиваторів передбачає відповідність СП 1009-73 «Санітарні правила при зварюванні, наплавленні і різанні металів».

При виробництві зварювальних робіт необхідно виконувати вимоги правила з охорони праці при електро- та газозварювальних роботах,

Міжгалузеві правила з охорони праці, процесів напилення та газополум'яної

обробки металів, Правил безпечної експлуатації систем, що працюють під тиском, Санітарних правил при зварюванні, наплавленні та різанні металів, Правил протипожежного режиму в Україні.

Приступати до роботи з електрозварювання можна за умови, якщо обладнання, пристосування та запобіжні пристрої відповідають технології та санітарно-гігієнічним нормам.

Зварювальні роботи повинні виконуватися зварювальниками, які мають відповідне посвідчення, що пройшли протипожежний інструктаж та мають допуск на право проведення наплавлювальних та зварювальних робіт.

Особи, що допускаються до експлуатації електрозварювальних установок, повинні мати допуск до проведення робіт з електробезпеки, підтвержену посвідченням.

За виконання зварювальних робіт забороняється:

- працювати на висоті та всередині ємностей без оформлення наряду-допуску на виконання робіт підвищеної небезпеки;

- виконувати зварювальні роботи на ємкостях, апаратах, що знаходяться під тиском або містять легкозаймисті або горючі рідини, або на випорожнених, але не пройшли відповідної обробки з доведення повітряного

середовища в них до допустимих для зварювальних робіт параметрів;

- виконувати зварювання або різання металу з використанням електричної дуги або полум'я газового пальника у приміщеннях, де

знаходяться легкозаймисті та горючі матеріали, у тому числі свіжо пофарбовані деталі, механізми, обладнання, деталі;

- створювати збудження дуги дотиком електрода та електротримача до робочих органів і деталей, що не піддаються ремонту зварюванням;

- запалювати газ у пальнику дотиком до гарячої деталі.

Ручне дугове зварювання слід проводити наскільки можна на стаціонарних постах, обладнаних пристроями місцевої витяжної вентиляції.

При неможливості виконання зварювальних робіт на стаціонарних постах для локального видалення пилю, флюсів та газоподібних компонентів аерозолію від

зварювальної дуги слід застосовувати місцеві відсмоктувачі.

При електрозварювальних роботах повинне застосовуватися обладнання, пристосування та пристрої, що задовольняють вимогам чинних

стандартів та норм на відповідне зварювальне обладнання. Напруга холостого

ходу джерел зварювального струму не повинна перевищувати максимальних значень, зазначених у стандартах відповідного обладнання.

Для дугового зварювання необхідно застосовувати ізольовані гнучкі кабелі, які розраховані на надійну роботу при максимальних електричних

навантаженнях, з урахуванням тривалості циклу зварювання.

З'єднання зварювальних кабелів слід проводити спресуванням, зварюванням або паянням з подальшою ізоляцією місць з'єднання.

Підключення кабелів до зварювального обладнання повинно здійснюватись за допомогою спресованих або припаяних кабельних

наконечників.

Для підведення струму від джерела до електротримача установки ручного дугового зварювання повинен використовуватись гнучкий провід у

гумовій оболонці. Застосування проводів із ізоляцією або в оболонці з

горючих полімерних матеріалів забороняється. Зварювальні дроти повинні

з'єднуватись способом гарячого паяння, зварювання або за допомогою муфт з ізолюючою оболонкою.

## МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

## 6.1. Економічна оцінка технології підвищення довговічності стрілястих лоп культиваторів

Техніко-економічне обґрунтування від впровадження удосконаленої технології досягається за рахунок зниження витрат на наплавочні матеріали і зниження вартості обладнання та пристосування для наплавлення та зміщення.

Основні вихідні дані для розрахунку техніко-економічного обґрунтування від впровадження розробленої технології у сфері відновлення працездатності робочих органів культиваторів наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1.

Вихідні дані для уточнення техніко-економічного ефекту від впровадження удосконаленої технології при виготовленні (відновленні) лоп культиваторів

№ пп	Показники	Од. вимір.	Існуюча технологія	Пропонуєма технологія
1	Річна програма виробництва культиваторних лоп с шириною захвату 270 мм на прикладі АТ «Ельворті», П, шт.	шт.	10000	10000
2	Відпускна ціна. Ц	грн.	84,6	84,6
3	Суміш для наплавки лопи		ПС-14-60	ПГ-УС-25 + КХНП-20
4	Витрата наплавочних матеріалів на одну лопу	кг	0,044	0,04
5	Вартість суміші на одну лопу. С <sub>с</sub>	грн.	16,4	14,8
6	Вартість оснастки. К <sub>ск</sub>	грн.	-	5200

Техніко-економічний ефект від зниження вартості наплавлювальних сумішей при наплавленні кераміко-металевих покриттів зміню складу дорівнює:

$$E_{\text{лп}} = (Z_{\text{б}} - Z_{\text{ск}}) \cdot H - E_{\text{лп}} \cdot K_{\text{ск}} \quad (5.1)$$

де  $Z_6, Z_{ек}$  - витрати на наплавлювальні матеріали відповідно базовій та експериментальній лапі культиватора, грн.

$H$  - річна виробнича програма відновлення (виробництва) лоп культиватора з шириною захвату 270 мм на 2019 р. на прикладі АТ «Ельворті»;

$E_n$  - відповідний нормативний коефіцієнт ефективності економічної капітальних вкладень при відновленні (виробництві),  $E_n = 0,15$ ;

$K_{ек}$  - капітальні вкладення згідно удосконаленою технологією (використання оснащення для дозованої подачі порошкових матеріалів

згідного інтегрованої подачі).

$$E_{\phi} = (6,2 - 5,4) \cdot 10000 - 0,15 \cdot 420 = 7670 \text{ грн.}$$

Отриманий показник  $E_{\phi}$  свідчить, що застосування нових наплавлювальних матеріалів дасть можливість зниження собівартості відновлення (виготовлення) лапи культиватора.

Техніко-економічний ефект при експлуатації досягається за рахунок зниження витрат на одиницю роботи за рахунок підвищення ресурсу лоп культиватора при експлуатації з експериментальними робочими органами.

## 6.2 Розрахунок приведених витрат на відновлення лапи культиватора

Розрахуємо приведені витрати на одиницю роботи, гектари, при відновленні лоп культиватора:

$$Z_{np,i} = C_i \cdot E_n \cdot K_i, \quad (5.2)$$

де  $C_i$  - прямі експлуатаційні витрати на одиницю роботи (на гектар),  
 $K_i$  - питомі капітальні вкладення на одиницю роботи, грн./га.

Виходячи з цього, річний економічний ефект розраховуємо за залежністю:

$$E_p = (Z_{np,b} - Z_{np,n}) \cdot W_n, \quad (5.3)$$

де  $W_n$  - річний обсяг робіт культиватора з експериментальними лапами;  
 $Z_{np,b}, Z_{np,n}$  - приведені витрати за базовою та експериментальною (удосконаленою) технологіями при відновленні

Прямі експлуатаційні витрати при експлуатації культиватора розраховуємо за слідуючою формулою:

$$C_i = ОП + ВПМ + А + Р, \quad (5.4)$$

де ОП - витрати на оплату праці з відповідними відрахуваннями на соціальне забезпечення, грн.:

$$ОП = \frac{Z_{p\dot{u}ч} \cdot K_b}{W_{ek}}$$

де  $Z_{p\dot{u}ч}$  - годинна тарифна ставка працівника (тракториста) прийнятої кваліфікації (розряду) (грн./год.);

$K_b$  - коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату працівника і відрахуваннями на соціальне забезпечення;

$W_{ek}$  - продуктивність агрегату, що включає трактор та культиватор за годину змінного часу (га).

ВПМ - відповідні витрати на ПММ (паливно-мастильні матеріали) при використанні агрегату (трактор і культиватор), грн.

$$ВПМ = q_n \cdot Ц, \quad (5.6)$$

де  $q_n$  - питомі витрати паливно-мастильних матеріалів на одиницю роботи (кг / га);

$Ц = 16,5$  грн./кг - вартість ПММ (паливно-мастильних матеріалів) при використанні агрегату (грн./кг).

Витрати на ТО та поточний ремонт агрегату, що включає трактор і культиватор.

$$P_i = \frac{B_i \cdot R_{Ti}}{W_{ek} \cdot T_p} \quad (5.7)$$

де  $B_i$  - балансова вартість агрегату, що включає трактор і культиватор,

$B_T = 620000$  грн. - балансова вартість трактора;  $B_K = 44000$  грн. - балансова вартість культиватора;

$W_{ek}$  - продуктивність агрегату в процесі експлуатації, га/год.;

$R_{Ti}$  - прийнятий відсоток відрахувань на ТО і ремонт трактора (14,9%)

та культиватора (9%);

$T_p$  - нормативне річне навантаження в трактора (1350 год.) та культиватора (90%).

Амортизаційні відрахування визначаються за формулою:

$$A = \frac{B \cdot a_p}{W_{ek} \cdot T_p} \quad (5.8)$$

де  $a_p = 15\%$  - відсоток амортизаційних відрахувань на трактор і культиватор.

Встановлені питомі капітальні вкладення на трактор і культиватор розраховуються за формулою:

$$K = \frac{B}{W_{ek} \cdot T_p} \quad (5.9)$$

Результати розрахунків економічної ефективності експлуатації серійних та експериментальних культиваторних лап наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Результати розрахунків економічної ефективності експлуатації серійних та експериментальних культиваторних лап

Показники	Одиниця виміру	Значення показників	
		Експериментальний варіант	Базовий варіант
Склад агрегата: трактор і культиватор		МТЗ-80 КПСІ-4м	МТЗ-80 КПСІ-4
Ресурс лапи, $T_{ex}$	год.	42	29
Робоча швидкість, $V$	км/год.	7,74	7,39
Експлуатаційна продуктивність агрегату, $W_{ек}$	га/год.	2,24	2,19
Нормі витрати ПММ, $C_{пмм}$	кг/га	3,2	3,4
Основна зарплата, ОП	грн.	22,4	25,9
Витрати на ПММ, ВПММ	грн.	11,5	11,9
Витрати на ПР і ТО, Р	грн.	49,2	46,3
Амортизаційні відрахування на експлуатацію агрегату, А	грн.	201,1	206,1
Прямі експлуатаційні – витрати агрегату, С	грн.	33,2	34,0
Капітальні вкладення агрегату, К	грн.	45,07	46,10
Затрати на експлуатацію агрегату, $Z_{лр}$	грн.	33,2	34,0

Економічний ефект від використання агрегату (трактора і культиватора)

з експериментальними лапами становить:

$$E_p = (Z_{пр,б} - Z_{пр,н}) \cdot W_{ек} \cdot T_p = (34,0 - 33,2) \cdot 2,24 \cdot 1471 = 2636,0 \text{ грн. на рік.}$$

Економію в процесі експлуатації агрегату за рахунок підвищення ресурсу лап культиватора за рік буде дорівнювати:

$$E_{рл} = \left( \frac{U_{л}^b}{T_{ек}} - \frac{U_{л}^n}{T_{ек}} \right) \cdot W_{ек} \cdot T_p \quad (5.10)$$

Після розрахунків економії в процесі експлуатації агрегату отримаємо:

$$E_{рл} = \left( \frac{34,6}{29} - \frac{34,6}{42} \right) \cdot 2,24 \cdot 1471 = 2965,5 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від експлуатації агрегату (трактора і культиватора з експериментальними лапами, що відновлені (виготовлені) за удосконаленою технологією, на одну лапу буде дорівнювати 84,6 грн.

Згідно із річною виробничою програмою 10000 культиваторних лап, економічний ефект при експлуатації буде дорівнювати 2965,5 грн. на культиватор.

Згідно проведеного техніко-економічного обґрунтування, річний економічний ефект при відновленні (виробництві) агрегату у складі трактора Беларус та культиватора КНС-4 буде дорівнювати:

$$2636,6 + 2965,5 = 5602,1 \text{ грн.}$$

### 6.3. Висновки по шостому розділу

1. Техніко-економічне обґрунтування представлених заходів при відновленні (виробництві) та експлуатації лап культиватора підтвердили їх доцільність.

2. На основі річної виробничої програми 10000 лап економічний ефект при експлуатації буде дорівнювати 2965,5 грн.

3. Річний економічний ефект при відновленні або ж виробництві культиваторних лап буде дорівнювати 5602,1 грн.

### ВИСНОВКИ

1. За результатами аналітичних і експериментальних досліджень отримали подальший розвиток наукові основи підвищення ресурсу

стрільчастих лап культиватора шляхом зміцнення – диференційованим нанесенням кераміко-металічних покриттів змінного складу.)

За рахунок різниці в інтенсивності зносу різні ділянки ріжучої крайки серійних культиваторних лап зношуються нерівномірно по довжині.

2. Перспективним напрямком у підвищенні надійності культиваторів

є удосконалення технології індукційного наплавлення композиційних кераміко-металевих покриттів. При цьому забезпечується підвищення зносостійкості леза лапи культиватора та досягається самозаточування.

2. Виходячи з теоретичного аналізу процесів обґрунтування параметрів,

підвищення довговічності та зношування стрільчастих лап культиваторів виявлена можливість управління рівномірністю зношування лапи по довжині леза при її зміцненні композиційними кераміко-металевими покриттями змінного складу.

3. Дослідженнями встановлено, що ефективним складом шихти для

індукційного наплавлення леза стрільчастої лапи культиватора є: металева основа – сплав сормайт ПГ УС - 25, керамічний наповнювач – карбід хрому при концентрації в шихті від 0 до 30 об.%. в залежності від зони наплавлення по довжині леза. Підтверджена можливість використання в якості

наповнювача карбіду хрому, що плакований нікелем КХНП - 20.)

4. Обґрунтоване раціональне розтміщення зміцнюючих зон на лезі стрільчастої лапи, виходячи з умови формування рівномірного зносу по довжині леза - від носка до периферії крил лапи культиватора.

Встановлено, що раціональним варіантом диференційованої по зонах наплавлення вздовж леза лапи є:

- ділянка 1 (зона носка лапи) - 14% довжини леза, склад-ПГ-УС-25 + 30% наповнювача КХНП-20;

- ділянка 2 (зона, прилегла до носку лапи) - 14% довжини леза, склад-

ПГ-УС-25 + 20% наповнювача КХНП-20;

- ділянка 3 (умовна середина леза лапи) - 58% довжини леза, склад-ПГ-УС-25 + 10% наповнювача КХНП-20;

- ділянка 4 (периферія крил лапи) - 14% довжини леза - склад-ПГ-УС-25 без наповнювача, тобто «Чистий» сплав типу «сормайт».

5. Експлуатаційними випробуваннями базових та експериментальних стрілочатих лап, що зміцнені за удосконаленою технологією, встановлено, що їх довговічність, в 1,45 разів вище серійних, що гарантує їх напрацювання на відмову близько 32 га.

6. Обґрунтовано технологічний процес, що включає:

- технологічне оснащення для реалізації індукційного наплавлення леза лапи культиватора окремими ділянками, різними за складом, кераміко-

металевими покриттями;

- дозуючий пристрій для засипки наплавлювальної шихти від 1 до 5 складів;

- петлевий індуктор із змінною відстанню між витками, який забезпечує формування ділянок за рахунок зміцнюючі покриттів.

7. Річний економічний ефект при підвищенні довговічності культиваторних лап, виготовлених за удосконаленою технологією, дорівнює 5602,1 грн.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Василенко П.М., Бабин П.Т. Культиватори. К.: Видавництво УСТА, 1961. 237 с.

2. Погорілий Л.В., Лінник МЛ., Дубровін В.Н. та ін. Перспективні конструкції ґрунтообробних машин / Сільськогосподарська техніка України. - 1998. - №2. - С. 6 - 12.

3. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту: технологія и техніка . К.: Нора-Прінт, 1999. - 241 С.

4. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини. Кн. 1 / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівній. - К.: Урожай, 2001 - 384 с.

5. Волошко Н.І. Дослідження впливу основних параметрів лез на роботу і знос полольними лап культиваторів. Автореф. дис. ... к. т. н. - Л., 1963. - 21 с.

6. Ткачов В.М. Знос робочих органів ґрунтообробних машин і деякі методи збільшення терміну їх служби. Автореф. дис. ... д. т. н. - Ростов-на-Дону, 1964. - 32 с.

7. Сидоров С.А. Технічний рівень і ресурс робочих органів сільгоспмашин. Трактори і сільськогосподарські машини. - 1998. - № 3.

8. Винокуров В.М., Брінцова Б.П. Дослідження зносу і обґрунтування вибраковочного показників культиваторних лап на обробці міжрядь у деревних чагарникових полях. Наукові праці МЛТІ, 1973, вип.

46. - С. 113 - 120.

9. Винокуров В.М., Малов А.К., Копань В.В. Визначення вибраковочного параметрів ріжучих елементів робочих органів ґрунтообробних машин і знарядь. Трактори і сільськогосподарські машини. 1976, № 10. С. 23 - 25.

10. Канівець І.Д. Дослідження зносу лап культиваторів з однорідними і наплавленими сормайт лезами в умовах чорноземних ґрунтів Центрального степу УРСР. Автореф. дис. ... к. т. н. - Дніпропетровськ, 1964. - 19 с.

11. Ахметшин Т.Ф., Гененбаум М.М. Про вплив на горизонтальну і вертикальну складові тягового опору розміру і форми носка стрітчастого лапи. Удосконалення машин і робочих органів для виробництва

корнеклубнеплодов і овочів: Зб. научн. праць. - М.: ВИСХОМ, 1987. - С. 102 - 106.

12. Сокол Н.А., Щербина Е.Б., Карапетьян А.Г. До питання визначення оптимальної товщини леза при різанні коренів бур'янів

Проектування робочих органів сільськогосподарських машин: Зб. научн. праць. Вип. 5. - Ростов-на-Дону, РСХМ, 1975. - С. 73 - 78.

13. Новицький А. Методи аналізу надійності технічних систем / А.В. Новицький, О.О. Банний, С.Д. Ільясов. Доповіді на VIII-й Міжнародній науково-практичній інтернет - конференції «Питання сучасної науки і освіти», Технічні науки, частина 4, К., 2012. - С. 50-51.

14. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. К.: Урбжай, 1994, 241с.

15. Новицький А.В., Ступак В.В. Аналіз основних методів підвищення довговічності лап культиваторів. Збірник тез доповідей 13 Всеукраїнської конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів Технічного ННІ НУБіП України / Технічний ННІ НУБіП України. К., 2013. С. 27.

16. Виноградов В.І. Фізичні основи теорії взаємодії леза лемеша з ґрунтом. Питання механізації сільськогосподарського виробництва. Праці ЧПМЕСХ. - Челябінськ, 1967. - Вип. 26. - С. 31 - 43.

17. Бауков А.В., Кушнар'ов А.С. Використання методів механіки суцільних середовищ при проектуванні розпушувальних робочих органів культиваторів. Питання механізації сільського господарства. - Мелітополь, 1971. - С. 17 - 32.

18. Панов І.М. Обробітку ґрунту. стан і проблеми розвитку. Трактори і сільськогосподарські машини. 2003, № 11, С. 9 - 11.

19. Костецький Б.І. Класифікація і загальна закономірність тертя і зношування. Вісник машинобудування. - 1984, № 11, - С. 10 - 13.

20. Хрущов М.М. Исследование изнашивания металлов / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. - М.: Изд. Акад. наук СРСР, 1960. - 272 с.

21. Хрущов М.М. Закономерности абразивного изнашивания.-  
Износостойкость. - М.: Наука, 1975. - С. 5 - 28.

22. Крагельський І.В., Ткачов В.М. Тертя і знос. М.: Машгиз, 1962.  
480 с.

23. Ткачов В.М. Технологічні методи підвищення довговічності  
деталей і вузлів сільськогосподарських машин. Збірник робіт НИИТМ. -  
Ростов-на-Дону. 1968. Вип. 13. С. 15 - 22. Ткачов В.М., Смовт М.С.  
Дослідження зносостійкості кульваторних лап, зміцнених різними

способами. Підвищення довговічності деталей сільськогосподарських  
машин: Зб. наукових праць. - Ростов-на-Дону: НИИТМ. 1968. Вип. 13. С.  
115-118.

24. Ніловський І.А. Складові лемеші плугів і лапи культиваторів /  
І.А. Нікольський / Підвищення довговічності робочих деталей  
грунтообробних машин: СБ наукових праць. М.:Видавництво АН СРСР. -  
1960. С. 221 - 225.

25. Ніловський І.А. Складові лапи культиваторів. Трактори і  
сельхозмашины. - 1960, № 3. - С.34-37.

26. Рабинович І.П., Розенбаум А.Н., Ніловський І.А. Підвищення  
зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин / І.П. Рабинович, -  
В кн.: Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи ВІСХОМА, -  
1959. - С. 142-147.

27. Івашко В.С., Купріянов І.Л., Шевцов А.І.. Електро-термічне  
нанесення захисних покриттів. Мінськ: «Наука и техника». 1996. 375 с.

28. Надійність сільськогосподарської техніки. Г.С. Гранкін, В.С.  
Малахов, М.І. Черновол, В.Ю. Червун. К., Урожай. 1998. 208 с.

29. Проников А.С. Надежность машин. М.: Машиностроение,  
1978. - 592 с.

30. Семенюк І.М. Зносостійкість хромованих деталей  
сільськогосподарських машин. Підвищення зносостійкості і терміну  
служби деталей машин. Зб. наукових праць. - М.: Машгиз, 1953. - С.18-19.

31. Черновол М.І. Відновлення і зміцнення деталей сільськогосподарської техніки. К.: УМК ВО, 1989. 256 с.

32. Підвищення надійності машин методами наплавлення й напилювання. М.І. Черновол, В.Н. Кропівний, Є.К. Солових, О.Д. Саїнсус, Ф.І. Златопольский. Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць НТУ «ХПІ». Вип. 1, Харків, 2002. С. 432 - 436.

33. Бетен Г.Ф., Кардаш Н.В., Огородніков И.А. Рекомендації по зміцненню і відновленню почворежущих елементів наплавкой заморожуванням. М.: ГОСНИТИ, 1991. 28 с.

34. Індукційна наплавлення композиційного сплаву на основі литого карбїду вольфраму. І.М. Шесенко, С.Л. Пирогов, Н.Г. Чемерис та ін.. Зварювальне виробство. 1974, №6, С. 38 - 44.

35. Випробування культиваторних лап, зміцнених диференційованим індукційним наплавленням. О.Д. Саїнсус, М.І. Чорновол, В.М. Кропивна, Б.Є. Надвірні. Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні. Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. - Харків: ХДТУСГ. - 2005. - Вип.39. - С. 63 - 68.

36. Фархшатов М.Н., Петряков В.Г., Фаюршін А.Ф. Підвищення довговічності лезових робочих органів. Ремонт, відновлення, модернізація. 2007. №8. С.17 - 19.

37. Козаченко О.В., Близнюк О.В. Дослідження по зміцненню леза дискових копачів коренезбіральної машини КС-6Б. Зб. наук пр. ВДАУ. - Вінниця: ВДАУ, 2005.- Вип.21. - С. 185 - 189.

38. Жарламов Ю.А., Бадагьянд Н.А. Основи технології відновлення і зміцнення деталей машин. Луганськ: з-від Східно-укр. національного ун-ту ім. В. Даля, Т. 1. - 2003. - 496 С.

39. Тілабов Б.К. Отримання зносостійких покриттів на поверхнях робочих органів / Б.К. Тілабов, А.А. Мухамедов / Трактори і сільськогосподарські машини. - 2002. - № 10. - С. 42-44.

40. Дослідження сплавів, наплавлених шихтою, що містить тугоплавкі з'єднання. С.Я. Пирогов, І.М. Шеєнко, І.І. Марков, В.А. Олійник, В.Ф. Соколов. Порошкова металургія, 1977. № 10, С.92-98.

41. Кузнецов А.В., Калдимова Л.Н., Філонов Ю.Л. Індукційна наплавлення зносостійкого шару на різучі кромки лез лап культиватора / А.В. Кузнецов, // Ремонт, відновлення, модернізація, 2006. № 12 С. 19-20.

42. Варума Аріфа. Відновлення і зміцнення деталей сільськогосподарських машин газопорошковим наплавленням кераміко-металевих покриттів. Автореф. дис. ... к. т. н. Кіровоград: КДТУ, 1999. 17

43. Газотермічне наплення композиційних порошків / А.Я.Кулік, Ю.С.Борісов, А.С.Мнухін, М.Д.Нікітін. -Л.: Машинобудування, 1985. -199

с.

44. Теорія і практика газополум'яного наплення / П.А. Витязь, В.С. Івашко, Е.Д.Манойло та ін. - Мінськ.: Навука і техніка, 1993. - 295 с.

45. Карабиньош С.С., Новицький А.В., Басилкевич М.В. Відновлення працездатності ґрунтообробних машин . Пропозиція, 2012, №2. С.116 – 118.

46. Карабиньош С.С., Новицький А.В., Войтенко В.М. Якість ремонту ґрунтообробних засобів гарантія врожаю. Пропозиція, 2012, № 4. С.130 – 132.

47. Кушнар'ов А.С. Робочі органи для ґрунтозахисної технології. Механізація та електрифікація сільського господарства. 1984, № 5. С. 12-15.

48. Волошко Н.І. Грайчно допустима товщина леза культиваторних лап. Механізація та електрифікація соціалістичного сільського господарства. 1966. № 5. С. 55-56.

49. Проконцев П.І. Формула самозаточивання різучих елементов. Трактори та сільськогосподарські машини. 2000, № 8, С. 27-31.

50. Черновол М.І. Відновлення і зміцнення деталей машин за допомогою нових зносостійких матеріалів. М.: АгроНЦСЦТО, 1990. 64 с.

51. Семчук Г.И. Динамика изнашивания лап культиваторов // Г.И. Семчук // Технологический аудит и резервы производства. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ И РЕЗЕРВЫ ПРОИЗВОДСТВА. 2013. № 6/5(14). С. 27–28.

52. Шербатюк Я.А., Новицький А.В., Харьковський І.С. Сучасні лапи культиваторів, умови їх роботи і зносостійкість. Збірник наукових праць. Вісник слухачів магістратури факультету конструювання та дизайну НУБіП України. К., 2017. Вип. 7. С. 11-13.

53. Константинов, В.М. Комплексное повышение долговечности корпуса почвообрабатывающего плуга // В.М. Константинов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2014. - №12. – С. 12-19.

54. Макаренко А.Н. Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы агроинженерии в 21 веке». – п. Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. – 265-269 С.

55. Михальченков А.М., Феськов С.А., Якушенко Н.А. Восстановление стрелчатых лап // Сельский механизатор. -2014-С.36-

56. Лебедєв А.Т., Износостойкость рабочих органов почвообрабатыв., Сейдуров М.Н. Підвищення зносостійкості робочих органів сільськогосподарських машин електродуговою наплавкою порошковим електродом. Ползунівський альманах № 4/2 201.С. 133-136.

57.

НУБІП України

НУБІП України  
ДОДАТКИ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України