

## СТВОРЕННЯ, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, РЕМОНТ ТА НАДІЙНІСТЬ МАШИН

УДК 631.316.022.4

### МОДИФІКУВАННЯ НАНОСТРУКТУРИ СТВОРЕНОГО ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В ҐРУНТАХ РІЗНИХ ТИПІВ

*М.О. ВАСИЛЕНКО, к.т.н., с.н.с., пров. наук. співр.,*

*Д.О. БУСЛАЄВ, мол. наук. співр.,*

*О.Є. КАЛІНІН, мол. наук. співр., kalinin.olexandr@gmail.com – Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН*

#### РЕЗЮМЕ

**Мета.** Підвищення зносостійкості і забезпечення ефекту самозагострення робочих органів ґрунтообробних машин шляхом нанесення на їх робочу поверхню різних матеріалів та модифікування наноструктури створеного поверхневого шару з обґрунтуванням режиму технологічного процесу.

**Методи.** Аналіз отриманих у попередні роки результатів експериментальних досліджень проводився з використанням дедуктивного методу на основі вивчення науково-технічної інформації у галузі застосування наноматеріалів. На основі аналізу науково-технічної документації була сформульована робоча гіпотеза теоретичними методами. Встановлення раціональних режимів розробленої технології зміцнення проводилось експериментальним методом. Встановлення залежностей лінійного зношення зміцнених лез від наробітку культиваторних лап проводилося

методом лабораторно-польових випробувань. Обробка даних експериментальних і лабораторно-польових досліджень проводилось математико-статистичними методами.

**Результати.** Розроблена технологія та встановлені раціональні режими модифікування наноструктури створеного поверхневого шару електроконтактним обробленням та локального точкового зміцнення з оплавленням додаткового присадкового матеріалу.

**Висновки.** Встановлено, що ресурс лап, зміцнених за розробленою технологією, в 2,1-2,3 рази вище в порівнянні з ресурсом вітчизняних лап серійного виробництва.

**Ключові слова:** ґрунти різних типів, електроконтактне оброблення, зміцнення, культиваторні лапи, лінійне зношення, модифікація наноструктури, поверхневий шар.

UDC 631.316.022.4

### MODIFICATION NANOSTRUCTURES CREATED THE SURFACE LAYER POINTS FOR USE IN SOILS OF DIFFERENT TYPES

*M.O. VASYLENKO, PhD, Senior Researcher, Leading Researcher,*

*D.O. BUSLAIEV, Junior Researcher,*

*O.Y. KALININ, Junior Researcher, kalinin.olexandr@gmail.com – National scientific center «Institute for Agricultural Engineering and Electrification» of the NAAS*

#### SUMMARY

**Purpose.** Increasing wear resistance and ensuring a self-sharpening effect of working members of tillers by applying to them by creation the surface layer by various materials and modification nanostructures to them and substantiation this process.

**Methods.** The analysis of the previous years of experimental research was carried out using a deductive method based on the study of scientific and technical

information in the field of application of nanomaterials. Analysis based on the scientific and technical documentation has been working hypothesis formulated by theoretical methods. Establishment of rational modes of the technology hardening conducted experimental method. Establishing dependencies linear wearing hardened blade points of developments carried out by the laboratory and field tests. Data processing and experimental laboratory and field research of conducted mathematical and statistical methods.

**Results.** Technology has been developed and installed rational modes of nanostructures created by modifying the surface layer with electroarc processing and local hardening melting point of additional filler material.

**Conclusions.** Found that resource points reinforced by technology developed in 2.1-2.3 times higher than the native resource points mass production.

**Key words:** different types of soils, electroarc processing, strengthening, cultivators points, linear wearing, modification nanostructures, the surface layer.

УДК 631.316.022.4

## МОДИФИЦИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРЫ СОЗДАННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ КУЛЬТИВАТОРНЫХ ЛАП ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ПОЧВАХ РАЗНЫХ ТИПОВ

**М.А. ВАСИЛЕНКО**, к.т.н., с.н.с., вед. науч. сотр.,

**Д.О. БУСЛАЕВ**, мл. науч. сотр.,

**А.Е. КАЛИНИН**, мл. науч. сотр., kalinin.olexandr@gmail.com – Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН

### РЕЗЮМЕ

**Цель.** Повышение износостойкости и обеспечение эффекта самозатачивания рабочих органов почвообрабатывающих машин путём нанесения на их рабочую поверхность разных материалов та модифицирования наноструктуры созданного поверхностного слоя с обоснованием режимов технологического процесса.

**Методы.** Анализ полученных в предыдущие годы результатов экспериментальных исследований проводился с использованием дедуктивного метода на основе изучения научно-технической информации в области применения наноматериалов. На основе анализа научно-технической документации была сформулирована рабочая гипотеза теоретическими методами. Установление рациональных режимов разработанной технологии упрочнения проводилось экспериментальным методом. Установление зависимостей линейного износа упрочнённых лезвий

от наработки культиваторных лап проводилось методом лабораторно-полевых испытаний. Обработка данных экспериментальных и лабораторно-полевых исследований проводилось математико-статистическими методами.

**Результаты.** Разработана технология и установлены рациональные режимы модификации наноструктуры созданного поверхностного слоя электроконтактной обработкой и локального точечного упрочнения с оплавлением дополнительного присадочного материала.

**Выводы.** Установлено, что ресурс лап, укрепленных по разработанной технологии, в 2,1-2,3 раза выше по сравнению с ресурсом отечественных лап серийного производства.

**Ключевые слова:** почвы разных типов, электроконтактное обрабатывание, культиваторные лапы, линейный износ, модификация наноструктуры, поверхностный слой, упрочнение.

### ПРОБЛЕМА

Актуальність тематики зменшення витрат на придбання запасних частин зумовлена недовговічністю вітчизняних робочих органів ґрунтообробних машин та великою вартістю імпортних аналогів.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Питанню відновлення та зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин,

зокрема лап культиваторів, присвячена значна кількість останніх публікацій, в яких досліджено характер їх зношування [1, 2], обґрунтовано режими виконання технологічних операцій відновлення та зміцнення, охарактеризовано нові зміцнюючі матеріали та технології [3-6], навіть приділено увагу прогнозуванню попиту та організаційним питанням створення дільниць з їх відновлення [7, 8]. Тобто, вирішується одна із важливих проблем технічного сервісу агропромислового виробництва в площині запасних частин робочих органів ґрунтообробних машин, а

саме, здешевлення сільськогосподарської продукції вітчизняного сільськогосподарсько-го підприємства за рахунок своєчасного, якісного і з меншими технологічними витратами виконання механізованих сільськогосподарських процесів без перерозподілу внутрішнього валового продукту в дохід фірм закордонних держав [9-11]. Водночас питанню модифікування поверхневих шарів і використання нанотехнологій при зміцненні та відновленні робочих органів приділено недостатньо уваги. Хоча на важливість застосування нанотехнологій наголошено авторами та відзначено вищу відносну зносостійкість нанопокриттів порівняно із зносостійкістю зразків сталі 65Г [12, 13], з якої виготовлюються вітчизняні робочі органи. Розроблення раціональної нанотехнології їх зміцнення дало б можливість підвищити їх ресурс при менших виробничих і технологічних витратах і відповідати сучасному стану робочих органів сільськогосподарських машин [14-18].

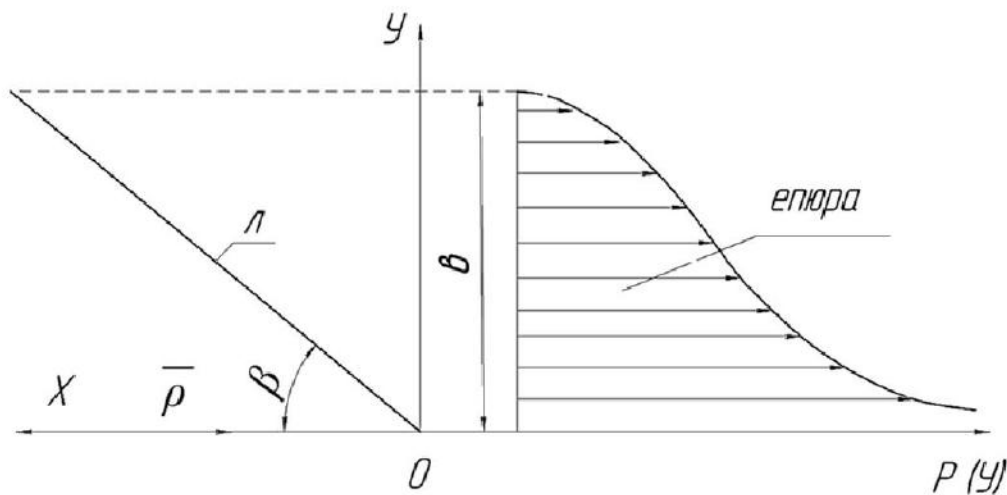
**Мета дослідження** – підвищення зносостійкості і забезпечення ефекту самозагострення робочих органів ґрунтообробних машин шляхом нанесення на їх робочу

поверхню різних матеріалів та модифікування наноструктури створеного поверхневого шару з обґрунтуванням режиму технологічного процесу.

**Результати досліджень.** За агротехнічними вимогами леза культиваторних лап повинні бути гострими протягом всього строку експлуатації (товщина близько 0,5 мм), але на практиці в залежності від типу ґрунту вони швидко затуплюються або гостро постає питання їх зносостійкості.

Частково це трапляється внаслідок нерівномірності розподілу тиску на лезі лапи (рис. 1) [19].

Також за рахунок того, що таке тонке лезо з однорідного металу, як видно з епюри розподілу тиску, буде зазнавати значних навантажень у місці контакту з ґрунтом, і буде руйнуватися внаслідок малої пластичності та великої крихкості. Запобігти цьому можна створенням двошарового леза, в якому один шар буде більш зносостійким та твердим, а інший виконуватиме функцію м'якої матриці, при цьому швидше зношуючись, що забезпечуватиме кращу міцність леза разом з ефектом самозагострення.



**Рис. 1.** Розподіл тиску за клиновидною формою леза

**Fig. 1.** The pressure distribution on the wedge-shaped blade

За класичними схемами це досягається наплавленням зносостійкого шару на тильній або робочій стороні леза, створюючи самозагострення I-го або II-го роду (рис. 2) [20].

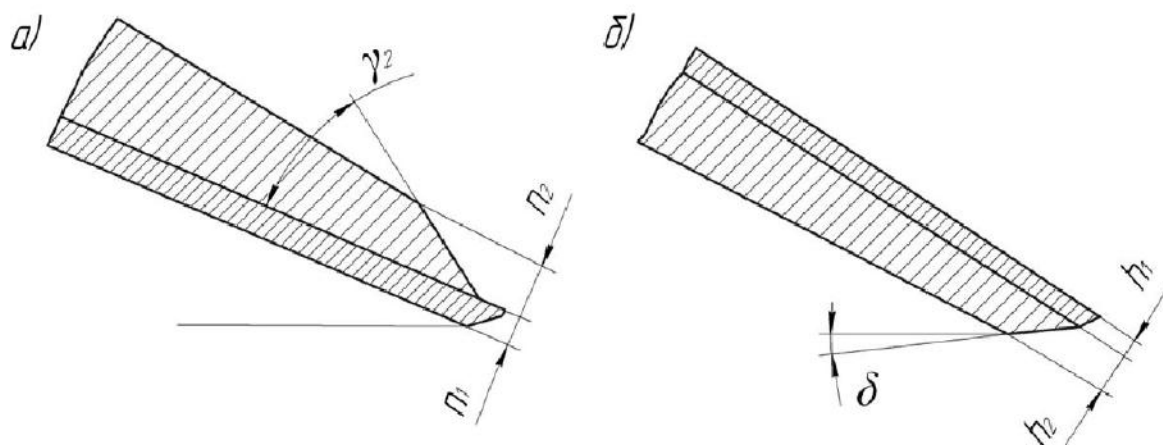


Рис. 2. Самозагострювання а) I-го і б) II-го роду

Fig. 2. Self-sharpening of the a) I and b) II kind

Але знову на практиці це спостерігається в малому діапазоні ґрунтів. На ґрунтах з малим питомим тиском на лезо, внаслідок майже однакового зношення шарів, продовжує відбуватися затуплення, а на ґрунтах з великим питомим тиском, відбувається пере-загострення, внаслідок чого оголений шар вищої твердості обламується [21].

Тому нами запроновано робити зміцнення згідно епюри розподілу тиску створенням більш зносостійкого шару перемінної товщини за шириною робочої сторони леза для його рівномірного зношування.

Без наплавлення це можливо модифікуванням структури поверхневого шару лапи. Одним із таких способів є електроконтактне оброблення деталей (рис. 3) [22, 23].

При ньому досягається створення дисперсних або дрібногольчастих мартенситних структур різної товщини вздовж оброблюваної ремонтної заготовки (майбутнього крила лапи) з одночасним її загостренням (рис. 4) [24, 25].

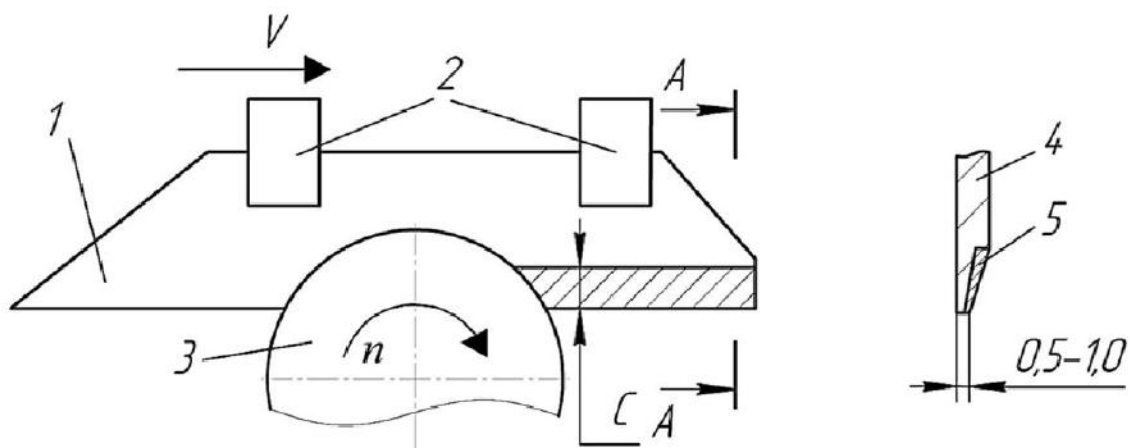
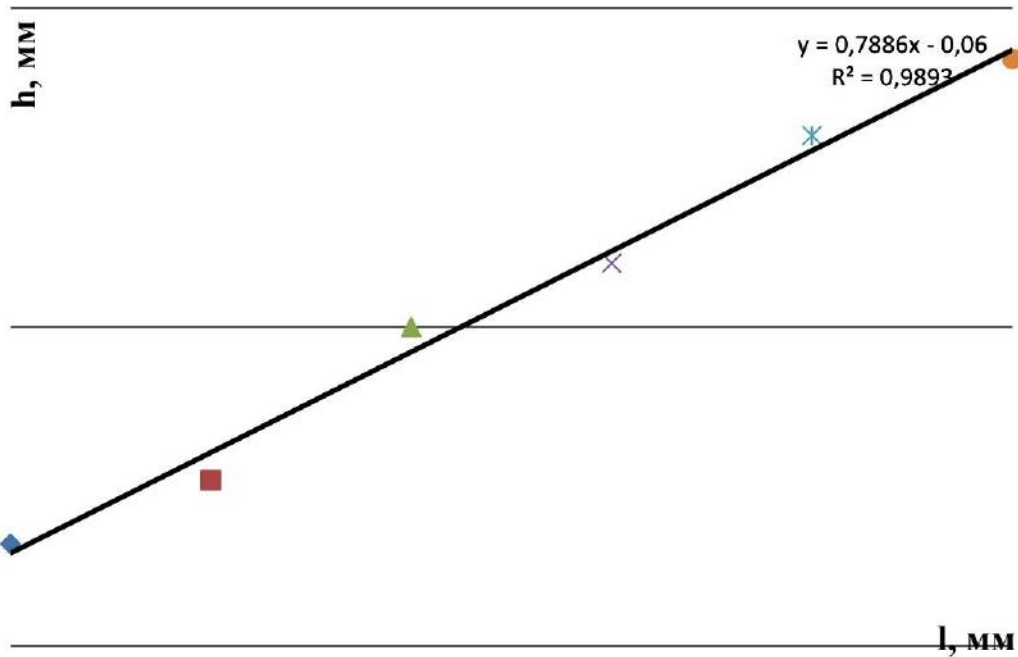


Рис. 3. Схема електроконтактного оброблення

1 – крило лапи; 2 – прижим; 3 – електрод-інструмент; 4 – основний метал; 5 – зміцнений шар

Fig. 3. The diagram of electroarc processing

1 – wing point; 2 – clamp; 3 – electrode-tool; 4 – base metal; 5 – strengthening layer



**Рис. 4.** Змінювання товщини зміцненого шару ( $h$ ) за шириною леза ( $l$ )

**Fig. 4.** Change the hardened layer thickness ( $h$ ) the width of the blade ( $l$ )

При цьому при електроконтактному обробленні відбувається диспергування матеріалу заготовки за робочою гіпотезою до розмірів наночастинок [26-27]. Частина диспергованого матеріалу знімається електродом, що обертається, та виноситься в робочу рідину ванни, інша частина залишається в поверхневому шарі деталі. Це забезпечує додаткове його зміцнення, внаслідок перерозподілу шкідливих домішок між межами зерен, розмір яких зменшується, що зумовлює підвищення границі плинності, міцності, пластичності оброблюваної сталі та зниження коефіцієнта тертя [28].

Мартенситні структури забезпечують високу твердість поверхневого шару лапи, але водночас, вони дуже крихкі, тому основний опір динамічним навантаженням витримував основний матеріал лап. Для підвищення довговічності також проводилось додаткове точкове зміцнення абразивостійким матеріалом спеціальним електродом Т-590 Ø5x450 мм за допомогою обладнання для ручного дугового зварювання ВДУ-506 виготовлених культиваторних лап до культиватора КВАНТ-12 із сталі 65Г товщиною 8 мм, шириною захвату 410 мм.

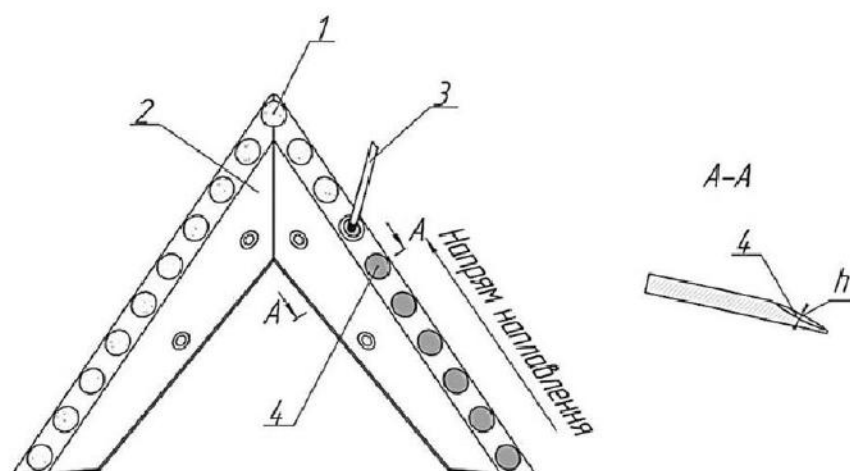
В якості додаткового присадкового матеріалу використовували порошки ПС-12НВК-01, ПГ-10К-01, сормайт, ФХБ-1, ПТ-НА-01, ПГ-19М-01.

В умовах використання додаткового присадкового матеріалу у виді порошкового матеріалу, ефективна теплова потужність дуги введена у виріб знижується за рахунок прошарку частинок порошку, що забезпечує ефект екранування і зниження зони термічного впливу на основний метал.

Такий варіант прямого впливу дуги на порошковий матеріал підвищує швидкість його плавлення за рахунок безпосереднього впливу плями нагріву дуги, що збільшує коефіцієнт наплавлення покритими електродом [29].

Встановлено, що нанесення наплавленним електродом Т-590 не суттєво впливає на зміну шорсткості покриття. Величину шорсткості нанесеного зносостійкого покриття визначали за десятьма точками та розраховували за залежностями наведеними в літературі [30].

Схему електродугового точкового зміцнення наведено на рисунку 5.



**Рис. 5.** Схема електродугового точкового нанесення покриття електродом Т-590 з додатковим присадковим матеріалом на леза культиваторної лапи:

1 – додатковий присадковий матеріал; 2 – культиваторна лапа; 3 – електрод Т-590; 4 – сформована зносостійка точка

**Fig. 5.** The diagram of an electric point coating by electrode T-590 with additional filler material on the blade cultivators points

1 – additional filler material; 2 – cultivator point; 3 – electrode T-590; 4 – formed durable point

За результатами проведених досліджень зі зміцнення робочих органів модифікуванням наноструктури створеного поверхневого шару електроконтактним обробленням встановлені раціональні режими, які повинні бути такими: сила струму 430-480 А, напруга на дузі 45-48 В, температура охолоджуючої рідини 20-60 °С. При цьому отримано зносостійкий шар шириною 25...30 мм і товщиною загостреної кромки після обробки близько 1 мм.

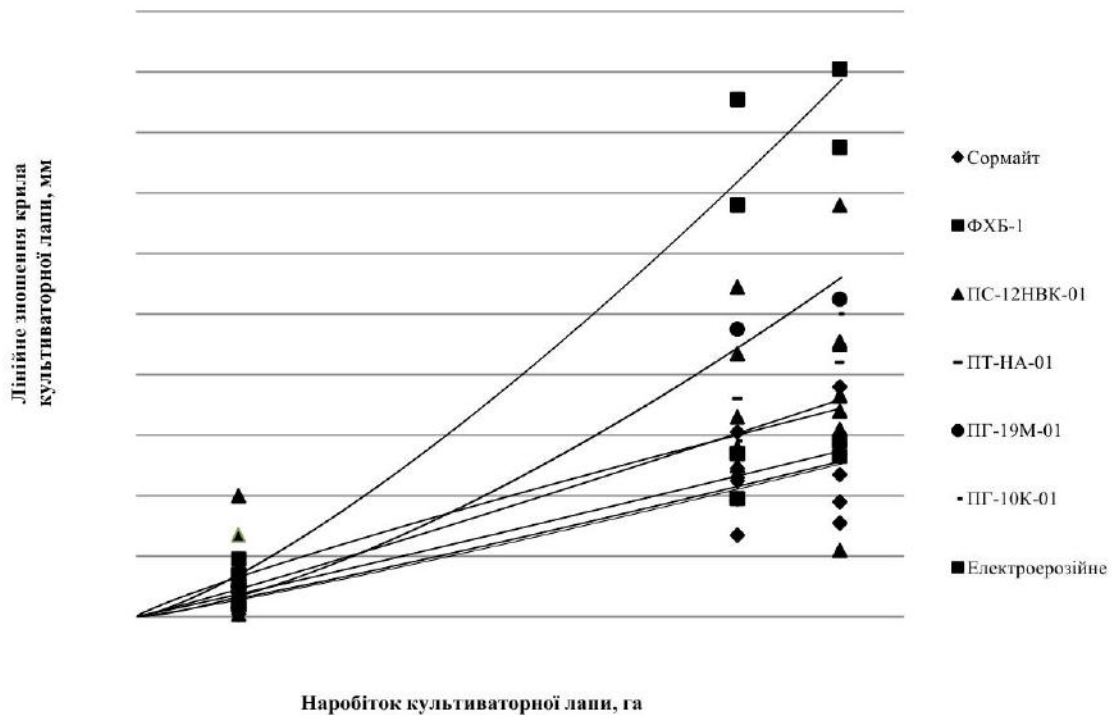
Раціональні режими локального точкового зміцнення наплавлувальним електродом Т-590 з оплавленням додаткового присадкового матеріалу визначені наступні: напруга 38...42 В, струм 190...220 А, час нанесення 3...4 секунди, при цьому отримуємо наплавлену точку діаметром  $20 \pm 2$  мм товщиною 2,0...2,5 мм, а твердість поверхонь робочих органів після зміцнення в межах від 58 HRC до 62 HRC.

Встановлено, що при напрузі менше 30 В та часі нанесення точки менше 2 секунд,

процес формування покриття погіршується, зменшується глибина проплавлення та адгезія покриття, висота точкового зміцнення знаходиться в межах 3 – 4 мм. При збільшенні напруги за 60 В та часу нанесення 6 секунд відбувається розбризкування матеріалу, деталь значно деформується, а на поверхні утворюються нерівності.

Визначення матеріалів, які забезпечують найкращі показники проти абразивного зношення, проводилось за результатами лінійного зношення крил експериментальних культиваторних лап після лабораторно-польових випробувань у виробничих умовах ПП «Агроекологія» з наробітком 55 га.

Встановлено, що залежності величин лінійного зносу лез від наробітку культиваторних лап характеризуються степеневу функцією (рис. 6).



**Рис. 6.** Залежність лінійного зношення лез від наробітку культиваторних лап, зміцнених різними методами та способами

**Fig. 6.** The dependence of the linear wearing of the blade developments points strengthened by various methods and techniques

Найкращі показники отримали для матеріалу сормайт, нанесеного електродом Т-590. Лінійне зношення культиваторної лапи від наробітку для цього матеріалу описується степеневою залежністю:

$$y = 0,0517x^{1,1431},$$

де  $y$  – лінійного зношення лез культиваторних лап, мм;

$x$  – наробіток культиваторної лапи, га.

Ресурс лап культиваторів, зміцнених за розробленою технологією, в 2,1-2,3 рази вищий в порівнянні з ресурсом вітчизняних лап серійного виробництва.

## ВИСНОВКИ

1. Для забезпечення ефекту самозагострення раціонально створювати електроконтактним обробленням зносостійкий шар перемінної товщини за шириною робочої сторони леза культиваторної лапи для його рівномірного зношування.

2. Для підвищення довговічності доцільно проводити точкове зміцнення абра-

зивностійким матеріалом спеціальним електродом Т-590 з додатковим присадковим матеріалом на леза культиваторних лап.

3. Встановлено, що нанесення наплавлювальним електродом Т-590 несуттєво впливає на зміну шорсткості покриття.

4. Встановлені раціональні режими модифікування наноструктури створеного поверхневого шару: сила струму 430-480 А, напруга на дузі 45-48 В, температура охолоджуючої рідини 20-60 °С, та точкового локального зміцнення з оплавленням додаткового присадкового матеріалу: напруга 38...42 В, струм 190...220 А, час нанесення 3...4 секунди.

5. Найкращі показники лінійного зношування показав матеріал сормайт, нанесений електродом Т-590 після електроконтактного оброблення деталі. Ресурс такої зміцненої культиваторної лапи в 2,1-2,3 рази вищий в порівнянні з ресурсом вітчизняних лап серійного виробництва.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Вибракувальні ознаки та граничні межі зношення лемешів плугів з врахуванням додат-

ності до відновлення / М.О. Василенко, Ю.А. Кононогов, В.С. Матвійченко // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2013. – Вип. 98. – Т. 2. – С. 333-339.

2. Семчук Г.І., Біловод О.І., Дудніков А.А. Характер зношування культиваторних лап у процесі їх експлуатації / Г.І. Семчук, О.І. Біловод, А.А. Дудніков // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2013. – Вип. 98. – Т. 2. – С. 369-374.

3. Василенко М.О., Буслаєв Д.О., Матвійченко В.С. Покращення ресурсних показників відновлення робочих органів ґрунтообробних машин / М.О. Василенко, Д.О. Буслаєв, В.С. Матвійченко // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2012. – Вип. 96. – С. 533-542.

4. Дослідження деформаційних змін лемішних робочих органів при електроерозійній обробці / М.О. Василенко, О.О. Чернявський, В.С. Матвійченко, В.О. Нечипоренко // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2008. – Вип. 92. – Т. 2. – С. 428-433.

5. Підвищення довговічності культиваторних лап / М.В. Молодик, М.О. Василенко, О.О. Чернявський, В.С. Матвійченко // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2010. – Вип. 94. – С. 405-411.

6. Підвищення ресурсу відновлених дискових робочих органів конструктивно-технологічними методами / М.О. Василенко, О.О. Чернявський, Д.О. Буслаєв, В.С. Матвійченко // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2011. – Вип. 95. – С. 352-361.

7. Прогнозування попиту на відновлення робочих органів ґрунтообробних машин / О.В. Сидорчук, А.М. Тригуба, О.В. Маланчук, П.В. Шолудько // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2013. – Вип. 97. – Т. 2. – С. 292-299.

8. Щодо створення дільниці з відновлення та зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин / М.О. Василенко, Ю.А. Кононогов, О.Є. Калінін, В.В. Рязанцев // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2013. – Вип. 97. – Т. 2. – С. 307-314.

9. Сидорчук О.В. Технічний сервіс агропромислового виробництва: проблеми та напрями розвитку / О.В. Сидорчук // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2013. – Вип. 97. – Т. 2. – С. 279-291.

10. Проблеми технічного сервісу сільськогосподарської техніки / О.В. Сидорчук, М.О. Васи-

ленко, С.С. Котенко, В.М. Кучерявий // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2014. – Вип. 99. – С. 307-314.

11. Сидорчук О.В., Гринько П.В. Розвиток ринку технічного сервісу сільськогосподарського виробництва / О.В. Сидорчук, П.В. Гринько // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2014. – Вип. 99. – Т. 1. – С. 85-94.

12. Молодик М.В. Перспективи застосування нанотехнологій, наноматеріалів і нанопрепаратів при технічному обслуговуванні та ремонті сільськогосподарської техніки / М.В. Молодик // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2011. – Вип. 95. – С. 328-335.

13. Буслаєв Д.О. Дослідження зносостійкості зміцнюючих нанопокриттів методом прискорених випробувань / Д.О. Буслаєв // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2013. – Вип. 98. – Т. 2. – С. 340-347.

14. Стан проектування і виготовлення в Україні сільськогосподарських машин сучасного технічного рівня / І.В. Гриник, В.В. Адамчук, Г.М. Калетнік, В.М. Булгаков // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2014. – Вип. 99. – Т. 1. – С. 34-39.

15. Адамчук В.В., Грицишин М.І. Пріоритетні напрями агроінженерних досліджень / В.В. Адамчук, М.І. Грицишин // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2013. – Вип. 97. – Т. 1. – С. 14-23.

16. Землеробська механіка – теоретична база сучасної сільськогосподарської техніки / Г.М. Калетнік, А.С. Заришняк, В.В. Адамчук, В.М. Булгаков // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2013. – Вип. 98. – Т. 1. – С. 31-44.

17. Перспективи розвитку механізованого рослинництва / В.В. Адамчук, О.І. Григорович, В.Г. Мироненко, П.О. Косик // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2013. – Вип. 98. – Т. 1. – С. 60-67.

18. Безуглий М.Д., Адамчук В.В. Стратегія техніко-технологічного переоснащення агропромислового виробництва / М.Д. Безуглий, В.В. Адамчук // *Механізація та електрифікація сільського господарства* : міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2011. – Вип. 95. – С. 12-27.

19. Новиков В.В. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин: дисс. ... доктора техн. наук: 05.20.03 / Новиков Владимир Савельевич. – М., 2009. – 330 с.



20. Рабинович А.Ш. Самозатачивающиеся плужные лемехи и другие почворежущие детали машин / А.Ш. Рабинович. – Москва : Бюро технической информации ГОСНИТИ, 1962. – 107 с.

21. Чернышёв Ю.В. Разработка твердого сплава и технологии упрочнения плоских режущих органов почвообрабатывающих машин: дисс.... кандидата техн. наук : 05.16.01. / Чернышёв Юрий Викторович – Курск, 2002. – 139 с.

22. Пат. 97874 Україна, МПК В23Н 9/00, В23Н 9/08, В23Н 7/26 Спосіб електроконтактного оброблення деталей / М.В. Молодик, М.О. Василенко, О.О. Чернявський, В.С. Матвійченко – заявник ННЦ «ІМЕСГ». – а201007979; заяв. 25.06.2010; опубл. 26.03.2012, бюл. № 6 2012 р.

23. Пат. 97298 Україна, МПК В23Н 9/08, В23Н 7/26 Установа для електроконтактного оброблення деталей / М.В. Молодик, М.О. Василенко, О.О. Чернявський, В.С. Матвійченко – заявник ННЦ «ІМЕСГ». – а201004776; заяв. 21.04.2010; опубл. 25.01.2012, бюл. № 2 2012 р.

24. Василенко М.О. Підвищення механіко-конструктивних властивостей лемешів плугів / Василенко М.О. // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2006. – Вип. 39.- С. 156-160.

25. Молодик М. В. Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин у сільському господарстві: монографія / М.В. Молодик ; УААН, ННЦ «ІМЕСГ». – Кіровоград : КОД, 2009. – 180 с.

26. Байрамов Р.К. оглы. Разработка процессов получения высокодисперсных порошков при электроэрозии металлов в водных растворах: дисс.... доктора техн. наук : 05.16.06 / Байрамов Рамиз Касум оглы. – Москва, 2010. – 255 с.

27. Получение наноразмерного порошка титана импульсным электроэрозионным методом / А.И. Галанов, П.В. Балухин, Г.Г. Савельев и др. // Третья Всероссийская конференция (с международным участием) «Химия поверхности и Нанотехнология» (СПб – Хилово, 24 сентября – 01 октября 2006г.) Тезисы докладов. – С. 81-82.

28. Упрочнение металлических, полимерных и эластомерных материалов ультрадисперсными порошками плазмохимического синтеза / М.Ф. Жуков, И.Н. Черский, А.Н. Черепанов, Г.Г. Крушенко // Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999. – Т. 14 – 312 с.

29. Будко С.И. Методы повышения эффективности упрочнения деталей лемешно-отвальных плугов дуговой наплавкой твердыми сплавами: дисс.... кандидата техн. наук : 05.20.03 / Будко Сергей Иванович. – Брянск, 2009. – 144 с.

30. Орлова П.Н., Скороходова Е.А. Краткий справочник металлиста: 3-е изд., перераб. и доп. // П.Н. Орлова, Е.А. Скороходова – М.: Машиностроение, 1986. – 77-80 с.

## REFERENCES

1. Vybrakovalni oznaky ta hranychni mezhi znoshennia lemeshiv pluhiv z vrakhuvanniam prydatnosti do vidnovlennia / M.O. Vasylenko, Y.A. Kononohov, V.S. Matviichenko // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2013. – Vyp. 98. – Т. 2. – S. 333-339.

2. Semchuk H.I., Bilovod O.I., Dudnikov A.A. Kharakter znoshuvannia kulyvatornykh lap u protsesi ikh ekspluatatsii / H.I. Semchuk, O.I. Bilovod, A.A. Dudnikov // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2013. – Vyp. 98. – Т. 2. – S. 369-374.

3. Vasylenko M.O., Buslaiev D.O., Matviichenko V.S. Pokrashchennia resursnykh pokaznykh vidnovlennia robochykh orhaniv gruntoobrobnykh mashyn / M.O. Vasylenko, D.O. Buslaiev, V.S. Matviichenko // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2012. – Vyp. 96. – S. 533-542.

4. Doslidzhennia deformatsiinykh zmin lemishnykh robochykh orhaniv pry elektroeroziinii obrobtsi / M.O. Vasylenko, O.O. Cherniavskiy, V.S. Matviichenko, V.O. Nechyporenko // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2008. – Vyp. 92. – Т. 2. – S. 428-433.

5. Pidvyshchennia dovhovichnosti kulyvatornykh lap / M.V. Molodyk, M.O. Vasylenko, O.O. Cherniavskiy, V.S. Matviichenko // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2010. – Vyp. 94. – S. 405-411.

6. Pidvyshchennia resursu vidnovlenykh dyskovykh robochykh orhaniv konstruktivno-tekhnolohichnymy metodamy / M.O. Vasylenko, O.O. Cherniavskiy, D.O. Buslaiev, V.S. Matviichenko // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2011. – Vyp. 95. – S. 352-361.

7. Prohnozuvannia popytu na vidnovlennia robochykh orhaniv gruntoobrobnykh mashyn / O.V. Sydorochuk, A.M. Tryhuba, O.V. Malanchuk, P.V. SHoludko // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2013. – Vyp. 97. – Т. 2. – S. 292-299.

8. Shchodo stvorennya dilnytsi z vidnovlennia ta zmitsnennia robochykh orhaniv gruntoobrobnykh mashyn / M.O. Vasylenko, Y.A. Kononohov, O.Y. Kalinin, V.V. Riazantsev // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2013. – Vyp. 97. – Т. 2. – S. 307-314.

9. Sydorochuk O.V. Tekhnichniy servis ahro-promyslovoho vyrobnytstva: problemy ta napriamy rozvytku / O.V. Sydorochuk // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2013. – Vyp. 97. – Т. 2. – S. 279-291.

10. Problemy tekhnichnoho servisu silskohospodarskoi tekhniki / O.V. Sydorchuk, M.O. Vasylenko, S.S. Kotenko, V.M. Kucheriavyi // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2014. – Vyp. 99. – S. 307-314.
11. Sydorchuk O.V., Hryenko P.V. Rozvytok rynku tekhnichnoho servisu silskohospodarskoho vyrobnytstva / O.V. Sydorchuk, P.V. Hryenko // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2014. – Vyp. 99. – T. 1. – S. 85-94.
12. Molodyk M.V. Perspektyvy zastosuvannia nanotekhnologii, nanomaterialiv i nanopreparativ pry tekhnichnomu obsluhovuvanni ta remonty silskohospodarskoi tekhniki / M.V. Molodyk // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2011. – Vyp. 95. – S. 328-335.
13. Buslaiev D.O. Doslidzhennia znosostiikosti zmitsniuuchykh nanopokryttiv metodom pryskorenykh vyprobuvan / D.O. Buslaiev // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2013. – Vyp. 98. – T. 2. – S. 340-347.
14. Stan proektuvannia i vyhotovlennia v Ukraini silskohospodarskykh mashyn suchasnoho tekhnichnoho rivnia / I.V. Hrynyk, V.V. Adamchuk, H.M. Kaletnik, V.M. Bulhakov // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2013. – Vyp. 98. – T. 2. – S. 34-39.
15. Adamchuk V.V., Hrytsyshyn M.I. Priorytetni napriamky ahroinzhenernykh doslidzen / V.V. Adamchuk, M.I. Hrytsyshyn // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2013. – Vyp. 97. – T. 1. – S. 14-23.
16. Zemlerobska mekhanika – teoretychna baza suchasnoi silskohospodarskoi tekhniki / H.M. Kaletnik, A.S. Zaryshniak, V.V. Adamchuk, V.M. Bulhakov // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2013. – Vyp. 98. – T. 1. – S. 31-44.
17. Perspektyvy rozvytku mekhanizovanoho roslynnytstva / V.V. Adamchuk, O.I. Hryhorovych, V.H. Myronenko, P.O. Kosyk // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2013. – Vyp. 98. – T. 1. – S. 60-67.
18. Bezuhlyi M.D., Adamchuk V.V. Stratehiia tekhniko-tekhnologichnoho pereosnashchennia ahropromysloвого vyrobnytstva / M.D. Bezuhlyi, V.V. Adamchuk // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : mizhvid. temat. nauk. zb. – Hlevakha, 2011. – Vyp. 95. – S. 12-27.
19. Novikov V.V. Obespecheniye dolgovechnosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin: diss. ... doktora tekhn. nauk: 05.20.03 / Novikov Vladimir Savelyevich. – M., 2009. – 330 s.
20. Rabinovich A.S. Samozatachivayushchiyesya pluzhnyye lemekhi i drugiye pochvovrezhushchiye detali mashin / A.S. Rabinovich. – Moskva : Byuro tekhnicheskoy informatsii HOSNITI, 1962. – 107 s.
21. Chernyshev U.V. Razrabotka tverdogo splava i tekhnologii uprochneniya ploskikh rezhushchikh orhanov pochvoobrabatyvayushchikh mashin: diss.... kandidata tekhn. nauk : 05.16.01. / Chernyshev Yuriy Viktorovich – Kursk, 2002. – 139 s.
22. Pat. 97874 Ukraina, MPK B23H 9/00, B23H 9/08, B23H 7/26 Sposib elektrokontaktnoho obroblennia detalei / M.V. Molodyk, M.O. Vasylenko, O.O. Cherniavskiy, V.S. Matviichenko – zaiavnyk NNTS «IMESH». – a201007979; zaiav. 25.06.2010; opubl. 26.03.2012, biul. № 6 2012 r.
23. Pat. 97298 Ukraina, MPK B23H 9/08, B23H 7/26 Ustanovka dlia elektrokontaktnoho obroblennia detalei / M.V. Molodyk, M.O. Vasylenko, O.O. Cherniavskiy, V.S. Matviichenko – zaiavnyk NNTS «IMESH». – a201004776; zaiav. 21.04.2010; opubl. 25.01.2012, biul. № 2 2012 r.
24. Vasylenko M.O. Pidvyshchennia mekhaniko-konstruktyvnykh vlastyvostei lemeshiv pluhiv / Vasylenko M.O. // Pratsi Tavriiskoi derzhavnoi ahrotekhnichnoi akademii. – Melitopol, 2006. – Vyp. 39. – S. 156-160.
25. Molodyk M. V. Naukovi osnovy systemy tekhnichnoho obsluhovuvannia i remontu mashyn u silskomu hospodarstvi: monografiia / M.V. Molodyk ; UAAN, NNTS «IMESH». – Kirovohrad : KOD, 2009. – 180 s.
26. Bayramov R.K. ogly. Razrabotka protsessov polucheniya vysokodispersnykh poroshkov pri elektroerozii metallov v vodnykh rastvorakh: diss.... doktora tekhn. nauk : 05.16.06 / Bayramov Ramiz Kasum ogly. – Moskva, 2010. – 255 s.
27. Polucheniye nanorazmernogo poroshka titana impulsnym elektroerozionnym metodom / A.Y. Halanov, P.V. Balukhin, H.H. Savelyev i dr. // Tretiya Vserossiyskaya konferentsiya (s mezhdunarodnym uchastiem) «Khimiya poverkhnosti i Nanotekhnologiya» (SPB – Khilovo, 24 sentyabrya – 01 oktyabrya 2006 h.) Tezisy dokladov. – S. 81-82.
28. Uprochneniye metallicheskikh, polimernykh i elastomernykh materialov ultradispersnymi poroshkami plazmokhimicheskogo sinteza / M.F. Zhukov, Y.N. Cherskiy, A.N. Cherepanov, H.H. Krushenko // Novosibirsk: Nauka. Sibirskaya izdatelskaya firma RAN, 1999. – T. 14 – 312 s.
29. Budko S.Y. Metody povysheniya effektivnosti uprochneniya detaley lemeshnotvalnykh plugov dugovoy naplavkoy tverdymi splavami: diss.... kandidata tekhn. nauk : 05.20.03 / Budko Sergey Ivanovich. – Bryansk, 2009. – 144 s.
30. Orlova P.N., Skorokhodova E.A. Kratkiy spravochnik metallista: 3-e izd., pererab. i dop. // P.N. Orlova, E.A. Skorokhodova – M.: Mashinostroeniye, 1986. – 77-80 s.