

## СТВОРЕННЯ, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, РЕМОНТ І НАДІЙНІСТЬ МАШИН

УДК 621.791.927.5

### Обґрунтування способів та матеріалів для кріплення змінних зносоустійких елементів до поверхонь ґрунтообробних робочих органів для підвищення їхньої довговічності

**Василенко М. О.**, к.т.н., с.н.с., зав. відділу, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України

**Буслаєв Д. О.**, н.с., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України

**Калінін О. Є.**, н.с., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України

**Кононогов Ю. А.**, пров. інж., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України

#### Анотація

**Мета.** Підвищення ресурсних показників робочих органів ґрунтообробних машин завдяки використанню зносоустійких змінних елементів.

**Методи.** Математико-статистичні, бібліографічні.

**Результати.** Розроблено раціональні схеми розташування зносоустійких елементів на вітчизняному лемеші типу ПНЧС та на лемеші плуга фірми «Lemken».

**Висновки.** Встановлено, що перспективними матеріалами для зносоустійких змінних елементів є карбідосталі, які у відпаленому стані мають твердість 38–42 HRC, що дозволяє обробляти їх як незагартовані сталі, а після загарту-

вання набувають твердості твердосплавів 71–72 HRC.

Встановлено, що перспективними для з'єднання металокераміки зі сталлю 65Г є мідноцинкові припої ПИ12, ПИ25, що мають міцність на зсув 300–350 МПа та забезпечують надійне кріплення змінних елементів на основі робочих органів, яке за міцнісними характеристиками порівнюється з міцністю металу, що пається. Ресурсні показники цих робочих органів у 2,0–2,5 раза вищі за вітчизняні лемеші.

**Ключові слова:** довговічність, зносоустійкі змінні елементи, карбідосталі, режими, ресурс, робочі органи ґрунтообробних машин, схеми.

UDC 621.791.927.5

### Substantiated of methods and materials for fastening replaceable wear-resistant elements to the surfaces of parts of tillage to increase their durability

**Vasylenko M. O.**, PhD, Senior Researcher, Head of the research department, National scientific center "Institute of Agricultural Engineering and Electrification" for the NAAS of Ukraine

**Buslaiev D. O.**, Researcher, National scientific center "Institute of Agricultural Engineering and Electrification" for the NAAS of Ukraine

**Kalinin O. Ye.**, Researcher, National scientific center "Institute of Agricultural Engineering and Electrification" for the NAAS of Ukraine

**Kononogov Yu. A.**, Lead Engineer, National scientific center "Institute of Agricultural Engineering and Electrification" for the NAAS of Ukraine

#### Annotation

**Purpose.** Increased the durability of parts of tillage machines using wear-resistant interchangeable elements.

**Methods.** The mathematical and statistical, bibliographic.

**Results.** Developed the rational layouts of wear-resistant elements on the domestic share and the share of the company «Lemken».

**Conclusions.** It was determined that promising materials for wear-resistant interchangeable elements are composite carbide steels, which, in the annealed

condition, have a hardness of 38–42 HRC, which makes it possible to treat them as non-hardened steels, and after quenching, they acquire hardness of carbide alloys 71–72 HRC. It was determined that the prospective for joining metal ceramics with 65Г steel is copper-zinc solders ПИ12, ПИ25, which have a shear strength of 300–350 МПа and provide a reliable connection of interchangeable elements on the core of parts of tillage machines, which, according to the

strength characteristics, is commensurate with the strength of the metal, which soldered. Resource indicators of these parts of tillage machines are 2.0–2.5 times higher than those of domestic sharers.

**Keywords:** composite carbide steels, durability, parts of tillage machines, regimes, resource, schemes, wear-resistant interchangeable elements.

УДК 621.791.927.5

### Обоснование способов и материалов для крепления сменных износостойких элементов к поверхностям почвообрабатывающих рабочих органов для повышения их долговечности

*Василенко М. А., к.т.н., с.н.с., зав. отдела, Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины*

*Буслаев Д. А., н.с., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины*

*Калинин А. Е., н.с., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины*

*Кононогов Ю. А., вед. инж., Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины*

#### Аннотация

**Цель.** Повышение ресурсных показателей рабочих органов почвообрабатывающих машин за счёт использования износостойких сменных элементов.

**Методы.** Математико-статистические, библиографические.

**Результаты.** Разработаны рациональные схемы расположения износостойких элементов на отечественном лемехе типа ПНЧС та на лемехе плуга фирмы «Lemken».

**Выводы.** Определено, что перспективными материалами для износостойких сменных элементов есть карбидостали, которые в отожжённом состоянии имеют твёрдость 38–42 HRC, что позволяет обрабатывать их как незакалённые стали, а после закалки приобретают твёрдости твердосплавов 71–72 HRC. Определено, что перспективными для соединения металлокерамики со сталью 65Г есть медно-цинковые припои ПИ12, ПИ25, что имеют прочность на сдвиг 300–350 МПа и обеспечивают надёжное соединение сменных элементов на остове рабочих органов, которое по прочностным характеристикам соизмеряется с прочностью металла, что паяется. Ресурсные показатели этих рабочих органов в 2,0–2,5 раза выше, чем у отечественных лемехов.

**Ключевые слова:** долговечность, износостойкие сменные элементы, карбидостали, рабочие органы почвообрабатывающих машин, режимы, ресурс, схемы.

**Постановка проблемы.** Робочі органи ґрунтообробних машин відносяться до найбільш швидкозношуваних деталей сільськогосподарської техніки. У разі зношування лезових частин робочих органів до граничних значень деталі вибраковують та замінюють новими або відновлюють у спосіб відризування зношених частин та приварювання замість них ремонтних елементів.

Особливий інтерес представляє собою зміцнення робочих поверхонь таких деталей змінними зносостійкими елементами.

Водночас основна частина робочого органу (остов) може експлуатуватися декілька сезонів, а витрати на запасні частини в даному разі будуть зводитися до витрат на заміну зношених елементів.

Тому актуальною є проблема підвищення зносостійкості робочих органів у спосіб зміцнення лезових частин зносостійкими змінними елементами, які в міру їх зношування в процесі експлуатації замінюються на нові зносостійкі змінні елементи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанню підвищення довговічності ґрунтообробних робочих органів присвячена значна кількість публікацій, в яких досліджено характер їх зношування [1, 2], охарактеризовано нові зміцнюючі матеріали та технології [3–6]. Зокрема, деякі зарубіжні фірми,

такі як французька AgriCarb [7], виготовляють велику гамму змінних елементів для робочих поверхонь ґрунтообробної техніки з карбиду вольфраму з їх закріпленням у спосіб припаювання. Використання таких елементів у робочих органах практикує українська фірма Alfagro [8]. У Російській Федерації пропонують механічний спосіб кріплення змінних елементів [9]. Можливе також клеєве кріплення.

Найкращі показники щодо інших матеріалів (висока твердість і зносостійкість, низька вартість) мають керамічні матеріали. А проте, недоліком застосування зазначеного матеріалу є крихкість кераміки за неможливості накопичення в ній пластичної деформації [10] та неможливості її кріплення в спосіб традиційного припаювання.

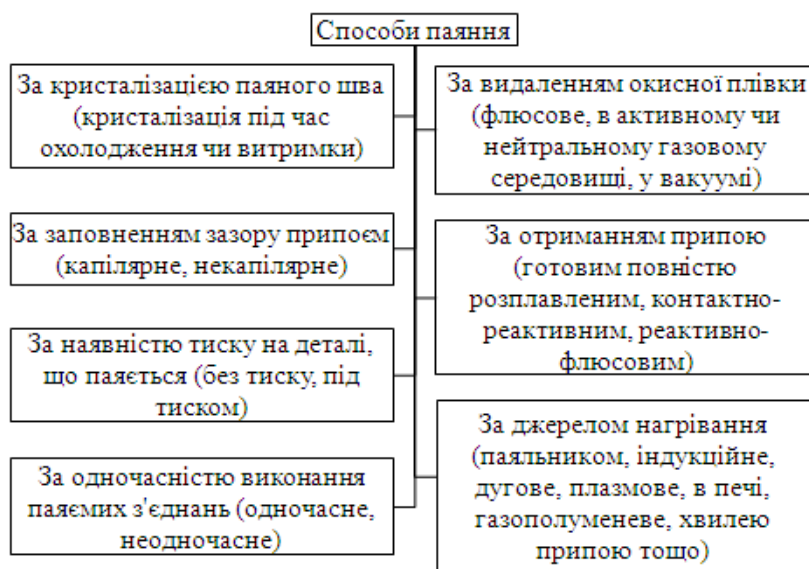
Для усунення цих недоліків під час зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин можна використовувати карбідосталі –

сімейство композиційних інструментальних матеріалів, які виготовляються методами порошкової металургії й у відпаленому стані мають твердість 38–42 HRC, що дозволяє обробляти їх, як звичайні сталі, а після гартування набувають твердості твердосплавів 71–72 HRC [11, 12].

**Мета досліджень.** Підвищення ресурсних показників робочих органів ґрунтообробних машин завдяки використанню зносостійких змінних елементів.

**Методи досліджень.** Математико-статистичні, бібліографічні.

**Результати досліджень.** Серед способів з'єднання змінних елементів з основою робочого органа одним із найпростіших, доступних та надійних є припаювання цих елементів різними способами [13, 14]. Класифікація способів паяння згідно з наведеним на рисунку 1 [15].



**Рис. 1.** Способи паяння  
**Fig. 1.** Methods of brazing and soldering

Вибираючи спосіб паяння та припій, слід враховувати такі вимоги: температура плавлення припою має бути нижчою від температури плавлення матеріалів, які паяються. Необхідно забезпечувати змочування поверхні паяних матеріалів та розтікання по цій поверхні (за наявності газового середовища, флюсу чи вакууму), високу міцність, пластичність та герметичність паяного з'єднання; коефіцієнти термічного розширення припою та металу, що паяється, не повинні значно розрізнятися.

За хімічним складом припої розподіляють на мідні, срібні, золоті, нікелеві, залізні, марганцеві, олов'яно-свинцеві, індієві, цинкові та інші.

За температурою плавлення припої поділяють на низькотемпературні з  $T_{пл} < 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ , які створюють на основі Sn, Bi, Cd, Pb, Zn, In, та високотемпературні з  $T_{пл} \geq 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що виготовляються на основі Cu, Ag, Ni, Co, Fe, Al.

У результаті аналізу припоїв за хімічним складом і температурою плавлення зроблено

висновок, що за умов простоти та меншовартості доцільно застосовувати припої з  $T_{пл}$  300–800 °С [16–19].

Рекомендовані припої за хімічним складом і температурою плавлення, їх міцність на зсув та зазори, що рекомендуються для припаювання, наведено в таблиці 1 [20, 21].

**Таблиця 1. Припої за хімічним складом і температурою плавлення**  
**Table 1. Solders in chemical composition and melting point**

Назва припоїв	Температура плавлення $T_{пл}$ , °С	Зазор для металу, що паяється, мм	Міцність на зсув $\tau_{zc}$ , МПа
Високотемпературні			
Мідно-цинкові	650–975	0,05–0,25	260–350
Мідно-фосфорні	630–750	0,04–0,20	110–313
Алюмінієві	510–625	0,12–0,25	90–140
Низькотемпературні			
Олов'яно-свинцеві	183,3–308	0,05–0,50	21–32

Згідно з даними таблиці 1 перспективними для припаювання різних матеріалів на вуглецеві сталі є мідно-цинкові припої, котрі забезпечують найвищу міцність з'єднання.

Міцність з'єднання змінних елементів з основою в разі паяння мідно-цинковими припоями наведено в таблиці 2 [20].

**Таблиця 2. Міцність з'єднань у разі паяння мідно-цинковими припоями**  
**Table 2. Strength of solder joints with copper-zinc solders**

Назва мідно-цинкового припою	З'єднувані матеріали	Міцність на зсув $\tau_{zc}$ , МПа
Л63	сталь 20	270–294
ЛКБО62-0,2-0,04-0,5	сталь 20	284–294
ПрМНМц68-4-2	сталь 45 + твердий сплав	264–282
ПИ12, ПИ25	сталь + твердий сплав	300–350

Згідно з даними таблиці 2 перспективними для припаювання твердосплавних матеріалів на вироби, що експлуатуються в умовах підвищених, абразивних та ударних навантажень, є мідно-цинкові припої ПИ12, ПИ25, які мають найкращі показники за міцністю на зсув завдяки додатковому введенню в склад припоїв, окрім *Cu* і *Zn*, ще й *Ni*, *Mn*, *Fe*.

Накладні паяні з'єднання найбільш поширені для створення паяних конструкцій, особливо для виробів, що працюють за значних ударних навантажень та невеликої міцності шва. Водночас, змінюючи розмір перекриття

з'єднувальних елементів, можна впливати на характеристики міцності з'єднань.

Міцність паяних з'єднань залежить від властивостей матеріалу, що паяється, припою та режиму паяння. Накладні паяні з'єднання за правильно визначеного розміру накладання забезпечують міцність з'єднання, порівнянну з міцністю металу, що паяється.

Якщо довжина накладання менша від раціональної, з'єднання може руйнуватися по паяному шву. Якщо довжина накладання більша за раціональну – руйнування можливе по паяному металу. За деякого накладан-

ня  $l_{\text{рац}}$ , яке залежить від міцності припою в з'єднанні та технологічних факторів, що визначають наявність і кількість дефектів у паяному шві, міцність з'єднання стає такою, як міцність металу, що паяється, і надалі збільшувати напуск не раціонально.

Розрахунок розміру накладання рекомендується виконувати з урахуванням характеристик міцності металу, що паяється, припою та конструкційних характеристик виробу за виразом [20]:

$$l = \frac{F_{yp}}{b\tau_{zc}}, \quad (1)$$

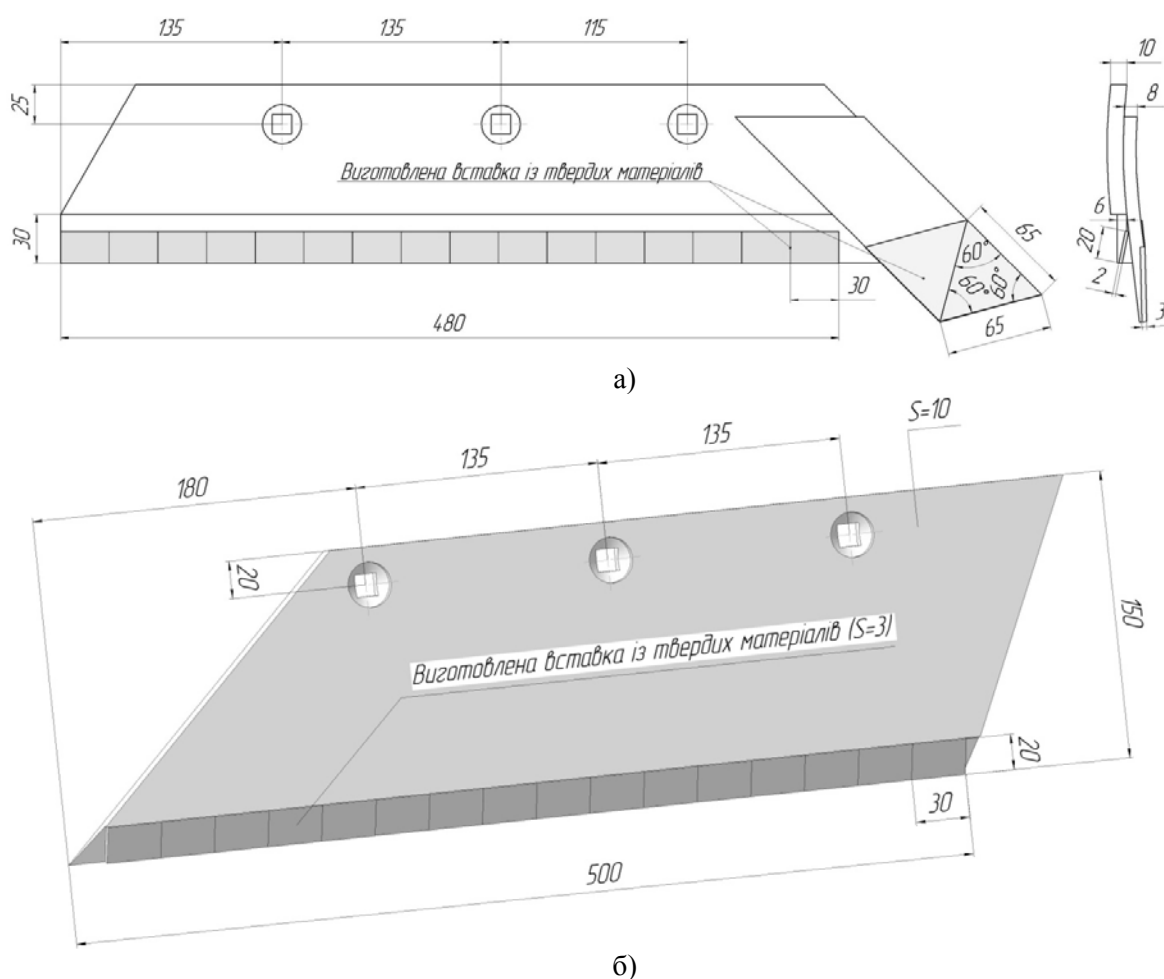
де  $F$  – площа поперечного перерізу елемента, що паяється,  $\text{м}^2$ ;

$\sigma_p$  – межа міцності паяного металу під час розтягнення, МПа;

$b$  – ширина з'єднувальних елементів, м;

$\tau_{zc}$  – межа міцності на зсув паяних у напуск швів, МПа.

За результатами розрахунку розміру накладання змінних елементів запропоновані раціональні схеми розташування зносостійких елементів на вітчизняному лемеші типу ПНЧС та на лемеші плуга фірми «Lemken», що наведені на рисунку 2.



**Рис. 2.** Схеми розташування зносостійких змінних елементів на вітчизняному лемеші ПНЧС (а) та на лемеші «Lemken» (б)

**Fig. 2.** Scheme Layout of wear-resistant interchangeable elements on the domestic plowshare «ПНЧС» (a) and plowshare «Lemken» (b)

**Висновки.** Встановлено, що перспективними матеріалами для зносостійких змінних елементів є карбідосталі, які у відпаленому стані мають твердість 38–42 HRC, що дозволяє обробляти їх як незагартовані сталі,

а після загартування набувають твердості твердосплавів 71–72 HRC.

Встановлено, що перспективними для з'єднання металокераміки зі сталлю 65Г є мідно-цинкові припої ПИ12, ПИ25, що мають

міцність на зсув 300–350 МПа та забезпечують надійне кріплення змінних елементів на основі робочих органів, яке за міцнісними характеристиками порівнюється з міцністю металу, що паяється. Ресурсні показники цих робочих органів у 2,0–2,5 раза вищі за вітчизняні лемеші.

### Бібліографія

1. Василенко М. О., Кононогов Ю. А., Матвійченко В. С. Вибракувальні ознаки та граничні межі зношення лемешів плугів з врахуванням придатності до відновлення. *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 зношення культиваторних лап у процесі їх експлуатації. *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. *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. Nos dernières nouveautés ... – Agricarb URL: [http://www.agricarb.com/fr/84-nos-dernieres-nouveautes-?id\\_supplier=0](http://www.agricarb.com/fr/84-nos-dernieres-nouveautes-?id_supplier=0).
8. Запчасти с напайкой карбид вольфрама URL: <https://www.alfagro.com.ua/karbid-volframa/>.
9. Новиков В. С., Петровский Д. М. Повышение долговечности стрелчатых лап культиваторов. *Вестник МГАИ им. В. П. Горячкина.* М., 2017. № 4 (80). С. 49–55.
10. Петров М. Ю. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин компо-

зиционными материалами: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03. М., 2005. 130 с.

11. А. с. СССР № 1052555. Способ изготовления композиционных инструментальных материалов на основе стали / Ю. Ф. Бокий, А. К. Петров, С. С. Кипарисов, А. Г. Ципунов, В. Т. Зубкова; заяв. 16.07.1982; опубл. 07.11.1983. Бюл. № 41.

12. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: справочник / В. И. Баранчиков [и др.]. М.: Машиностроение, 1990. 400 с.

13. Свистун Л. И. Теоретические и технологические основы горячей штамповки порошковых карбидосталей конструкционного назначения: дис. ... д-ра техн. наук: 05.16.06. Краснодар, 2010. 348 с.

14. Плоmodityло Р. Л. Получение износостойкой порошковой карбидостали на основе быстрорежущей стали и карбида титана методом горячей штамповки: дис. ... канд. техн. наук: 05.16.06. Краснодар, 2008. 203 с.

15. Беликов И. А. Повышение долговечности рабочих органов плуга керамическими материалами: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03. М., 2002. 176 с.

16. Гончаренко В. В. Технология восстановления и упрочнения лемехов плугов металло-керамическими пластинами: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03. М., 2007. 158 с.

17. ГОСТ 17349-79. Пайка. Основные термины и определения.

18. Харичева Д. Л. Физические основы и практическое применение лазерной пайки металла с керамикой: дис. ... д-ра техн. наук: 01.04.07. Благовещенск, 2006. 319 с.

19. Казаков В. С. Разработка галлиевых паст-припоев для низкотемпературной пайки медных и титановых сплавов с керамикой: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.06. Красноярск, 2007. 148 с.

20. Справочник по пайке / И. Е. Петрунин [и др.]. М.: Машиностроение, 2003. 480 с.

21. Ракин Я. Ф., Магомедов Б. Р. Пайка металлов при ремонте сельскохозяйственной техники. М.: Колос, 1979. 143 с.

### Bibliografia

1. Vasylenko M. O., Kononohov Yu. A., Matviichenko V. S. Vybrakuvalni oznaky ta hranychni mezhi znoshennia lemeshiv pluhiv z vrakhuvanniam prydatnosti do vidnovlennia. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva: mizhvid. temat. nauk. zb.* Hlevakha, 2013. Vyp. 98. T. 2. S. 333–339.
2. Semchuk H. I., Bilovod O. I., Dudnikov A. A. Kharakter znoshuvannia kultyvatornykh lap u protsesi yikh ekspluatatsii. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva: mizhvid. temat. nauk. zb.* Hlevakha, 2013. Vyp. 98. T. 2. S. 369–374.

3. Vasylenko M. O., Buslaiev D. O., Matviichenko V. S. Pokrashchennia resursnykh pokaznykiv vidnovlennia robochykh orhaniv gruntoobrobnykh mashyn. *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 obrobsi / 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. T. 2. S. 428–433.

5. Pidvyschennia 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. Pidvyschennia resursu vidnovlennykh dyskovykh robochykh orhaniv konstruktyvno-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. Nos dernières nouveautés ... – Agricarb URL: [http://www.agricarb.com/fr/84-nos-dernieres-nouveautes-?id\\_supplier=0](http://www.agricarb.com/fr/84-nos-dernieres-nouveautes-?id_supplier=0).

8. Zapchasty s napaikoi karbyd volframa URL: <https://www.alfagro.com.ua/karbid-volframa/>.

9. Novykov V. S., Petrovskiy D. M. Povyshenye dolhovechnosti strelchatykh lap kulyvatorov. *Vestnyk MHAY ym. V. P. Horiachkyna.* M., 2017. № 4 (80). S. 49–55.

10. Petrov M. Iu. Uprochnenye robochykh orhanov pochvoobrabatyvaiushchykh mashyn kompozitsionnyy materyalamy: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.03. M., 2005. 130 s.

11. A. s. SSSR № 1052555. Sposob yzgotovleniya kompozitsionnykh ynstrumentalnykh materyalov na osnove staly / Yu. F. Boky, A. K. Petrov, S. S. Kyparysov, A. H. Tsypunov, V. T. Zubkova; zaiav. 16.07.1982; opubl. 07.11.1983. Biul. № 41.

12. Prohressyvnye rezhushchye ynstrumenty y rezhymy rezaniya metallov: spravochnyk / V. Y. Baranchykov [y dr.]. M.: Mashynostroenye, 1990. 400 s.

13. Svystun L. Y. Teoretycheskye y tekhnolohycheskye osnovy horiacei shtampovky poroshkovykh karbydstalei konstruktsionnoho naznacheniya: dys. ... d-ra tekhn. nauk: 05.16.06. Krasnodar, 2010. 348 s.

14. Plomodialo R. L. Poluchenye yznosostoi-koi poroshkovoi karbydstaly na osnove bystrorezhushchei staly y karbyda tytana metodom horiacei shtampovky: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.16.06. Krasnodar, 2008. 203 s.

15. Belykov Y. A. Povyshenye dolhovechnosti robochykh orhanov pluha keramycheskymy mate-

ryalamy: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.03. M., 2002. 176 s.

16. Honcharenko V. V. Tekhnolohyia vostonovleniya y uprochneniya lemekhov pluho- metallokeramycheskymy plastynamy: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.03. M., 2007. 158 s.

17. HOST 17349-79. Paika. Osnovnye termyny y opredeleniya.

18. Kharycheva D. L. Fyzycheskye osnovy y praktycheskoe prymenenye lazernoi paiky metalla s keramykoi: dys. ... d-ra tekhn. nauk: 01.04.07. Blahoveshchensk, 2006. 319 s.

19. Kazakov V. S. Razrabotka hallyevykh past- prypoev dlia nyzkotemperaturnoi paiky mednykh y tytanovykh splavov s keramykoi: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.03.06. Krasnoiar, 2007. 148 s.

20. Spravochnyk po paike / Y. E. Petrunyn [y dr.]. M.: Mashynostroenye, 2003. 480 s.

21. Rakyn Ya F., Mahomedov B. R. Paika metallov pry remonte selskokhoziaistvennoi tekhniky. M.: Kolos, 1979. 143 s.

## References

1. Vasylenko M. O., Kononohov Yu. A., Matviichenko V. S. Critical signs and limits of wear of plowshares with regard to suitability for restoration. *Mechanization and electrification of agriculture: collected papers.* Hlevakha, 2013. Issue 98. V. 2. Pp 333–339.

2. Semchuk H. I., Bilovod O. I., Dudnikov A. A. The nature of the wear of cultivating paws in the process of their operation. *Mechanization and electrification of agriculture: collected papers.* Hlevakha, 2013. Issue 98. V. 2. Pp. 369–374.

3. Vasylenko M. O., Buslaiev D. O., Matviichenko V. S. Improvement of resource indicators for restoration of parts of soil-working machines. *Mechanization and electrification of agriculture: collected papers.* Hlevakha, 2012. Issue 96. Pp. 533–542.

4. Investigation of deformation changes of ductile parts of tilling machines in electroarc processing / M. O. Vasylenko, O. O. Cherniavskiy, V. S. Matviichenko, V. O. Nechyporenko. *Mechanization and electrification of agriculture: collected papers.* Hlevakha, 2008. Issue 92. V. 2. Pp. 428–433.

5. Improve the durability of cultivar points / M. V. Molodyk, M. O. Vasylenko, O. O. Cherniavskiy, V. S. Matviichenko. *Mechanization and electrification of agriculture: collected papers.* Hlevakha, 2010. Issue 94. Pp. 405–411.

6. Increased the resource of restored disk of tilling machines by constructive and technological methods / M. O. Vasylenko, O. O. Cherniavskiy, D. O. Buslaiev, V. S. Matviichenko. *Mechanization and electrification of agriculture: collected papers.* Hlevakha, 2011. Issue 95. Pp. 352–361.

7. Nos dernières nouveautés ... – Agricarb URL: [http://www.agricarb.com/fr/84-nos-dernieres-nouveautes-?id\\_supplier=0](http://www.agricarb.com/fr/84-nos-dernieres-nouveautes-?id_supplier=0).

8. Tungsten carbide soldering parts  
URL: <https://www.alfagro.com.ua/karbid-volframa/>.
9. Novykov V. S., Petrovskiy D. M. Improving durability of centre-hoe cultivators. *Bulleten Horiachkyna MHAY*. M., 2017. №. 4 (80). Pp. 49–55 .
10. Petrov M. Iu. Hardening of parts of tillage with composite materials: thesis: 05.20.03. M., 2005. 130 p.
11. А. с. USSR No. 1052555. A method of manufacturing a composite tool materials based on steel / Yu. F. Boky, A. K. Petrov, S. S. Kyparysov, A. H. Tsyapunov, V. T. Zubkova; application published: 16.07.1982; date of publication: 07.11.1983. No. 41.
12. Progressive cutting tools and metal cutting: directory / V. Y. Baranchikov [and al.]. M.: Mashynostroenye, 1990. 400 p.
13. Svystun L. Y. Theoretical and technological bases of hot stamping of powder carbide steels for structural purposes: thesis: 05.16.06. Krasnodar, 2010. 348 p.
14. Plomodialo R. L. Production of wear-resistant carbide steel powder based on high-speed steel and titanium carbide by hot-forming: thesis: 05.16.06. Krasnodar, 2008. 203 p.
15. Belykov Y. A. Increasing the durability of the working bodies of the plow with ceramic materials: thesis: 05.20.03. M., 2002. 176 p.
16. Honcharenko V. V. Technology of restoration and hardening of plowshares of plows with metal-ceramic plates: thesis: 05.20.03. M., 2007. 158 p.
17. GOST 17349-79. Methods of brazing and soldering. Classification.
18. Kharycheva D. L. Physical principles and practical application of laser soldering of metal with ceramics: thesis: 01.04.07. Blahoveshchensk, 2006. 319 p.
19. Kazakov V. S. Development of gallium solder paste for low-temperature soldering of copper and titanium alloys with ceramics: thesis: 05.03.06. Krasnoarsk, 2007. 148 p.
20. Soldering guide / Y. E. Petrunyn [and al.]. M.: Mashynostroenye, 2003. 480 p.
21. Rakyn Ya. F., Mahomedov B. R. Soldering metals in the repair of agricultural machinery. M.: Kolos, 1979. 143 p.