

І. М. РИБАЛКО

Державний біотехнологічний університет
ORCID: 0000-0002-3663-019X

О. В. ТІХОНОВ

Державний біотехнологічний університет
ORCID: 0000-0001-7209-8375

А. В. ЗАХАРОВ

Державний біотехнологічний університет
ORCID: 0000-0001-9894-7355

О. О. ГОНЧАРЕНКО

Державне підприємство «Чутове»
ORCID: 0000-0002-4325-2705

МОДИФІКУВАННЯ РЕНОВАЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП

Вивчено можливість використання для модифікування відновлювальних покриттів природного продукту – глини і вторинної сировини – немагнітної фракції детонаційної шихти з алмазною фракцією від утилізації боєприпасів. Досліджували чотири різні варіанти нанесення покриття. Для цього використовували електрод T-620 з додатковим модифікуванням його обмазкою бентонітовою глиною, а також з немагнітною фракцією детонаційної шихти і нанесенням її у вигляді шлікерного покриття на ріжучу поверхню культиваторної лапи. Показано, що застосування таких присадок дозволяє підвищувати стійкість робочого інструмента сільськогосподарських машин, зменшує його схильність до пошкодження завдяки мінімальному проплавленню тонкостінного виробу культиваторної лапи і зниження перетину перехідного шару і рівня напружень. Кожен модифікатор вносить зміни в підвищення мікротвердості в різному ступені. Підвищення мікротвердості спостерігається на поверхні покриття і плавне її зниження до перехідного шару. Найбільшу мікротвердість має поверхня покриття з додатковим введенням бентонітової глини в рідку ванну. Мікротвердість її змінюється від HV-50-1009,7 до HV-50-615,2. Аналогічно впливає і модифікуюча домішка детонаційної шихти, мікротвердість змінюється від HV-50-969,6 до HV-50-633,26. При введенні глини або шихти в відновлювальне покриття підвищується зносостійкість в 1,3–2 рази по відношенню до нанесеного наплавлення тільки електродом і в 2–3 рази – до вихідного матеріалу культиваторної лапи. Встановлено, що найбільш низький коефіцієнт характерний для сухого тертя, а також – гідроабразивного в зразках з додатковим модифікуванням глиною або детонаційної шихтою. Для підвищення стійкості стрілочастих культиваторних лап в експлуатації рекомендується при нанесенні відновлювальних покриттів використовувати вторинне сировину для модифікування відновлювальних покриттів і природні матеріали, які не тільки підвищують стійкість робочого інструменту машин, а і зменшують схильність до пошкодження виробу, та зниження перерізу перехідного шару та рівня напружень.

Ключові слова: зносостійкість, відновлення, культиваторна лапа, бентонітова глина, детонаційна шихта, модифікатор, коефіцієнти зносу і тертя, мікротвердість.

І. М. RYBALKO

State Biotechnological University
ORCID: 0000-0002-3663-019X

O. V. TIKHONOV

State Biotechnological University
ORCID: 0000-0001-7209-8375

O. V. ZAKHAROV

State Biotechnological University
ORCID: 0000-0001-9894-7355

O. O. GONCHARENKO

State Enterprise “Chutove”
ORCID: 0000-0002-4325-2705

MODIFICATION OF RESTORATIVE COATINGS TO INCREASE THE WEAR RESISTANCE OF CULTIVATOR PAWS

The possibility of using a non-magnetic fraction of a detonation charge with a diamond fraction from the disposal of ammunition to modify the restoration coatings of a natural product – clay and secondary raw materials – was studied. Four

different coating variants were investigated. For this, a T-620 electrode was used with its additional modification by coating with bentonite clay, as well as with a non-magnetic fraction of the detonation charge and applying it in the form of a slip coating on the cutting surface of the cultivator. It is shown that the use of such additives allows to increase the resistance of the working tool of agricultural machines, reduces its tendency to damage due to the minimum penetration of the thin-walled product of the hoe blade and a decrease in the cross section of the transition layer and the level of stress. Each modifier makes changes to increase the microhardness to varying degrees. An increase in microhardness is observed on the surface of the coating and its gradual decrease to the transition layer. The surface coating with the additional introduction of bentonite clay in a liquid bath has the highest microhardness. Its microhardness varies from HV-50-1009.7 to HV-50-615.2. Similarly, the effect of the modifying additive of the detonation charge, the microhardness varies from HV-50-969.6 to HV-50-633.26. When clay or a mixture is introduced into the restoration coating, the wear resistance increases by 1.3–2 times with respect to the deposited surfacing only by the electrode and by 2–3 times to the initial material of the cultivator. It was found that the lowest coefficient is characteristic for dry friction, as well as for hydroabrasive, for samples with additional modification with clay or a detonation charge. In order to increase the stability of arrow cultivator paws in operation, it is recommended to use secondary raw materials for modifying restorative coatings and natural materials, which will not only increase the stability of the working tool of the machines, but also reduce the tendency to damage the product when applying restorative coatings. and reducing the transition layer cross-section and stress level.

Key words: wear resistance, restoration, hoe blades, bentonite clay, detonation charge, modifier, wear and friction coefficients, microhardness.

Постановка проблеми

В даний час у сільському господарстві для обробки ґрунту використовують велику кількість ґрунтообробних знарядь (культиватори, посівні комплекси, сівалки, розпушувачі та інше), з широко застосовуваними робочими органами, до яких належать стрілочасті лапи. Культиваторна лапа – одна з затребуваних деталей, що зношуються у сільському господарстві під час проведення робіт з культивування. Стрілочасті лапи експлуатуються за умов прямого впливу абразивних частинок і тому інтенсивно зношуються з відповідними структурною деградацією металу та зміною геометричних розмірів, що визначають основні параметри ефективності технологічного процесу [1]. Зношені стрілочасті лапи значно знижують ефективність і якість робіт, що проводяться. Використання їх призводить до недотримання агротехнічних термінів обробки ґрунту. Крім цього, ґрунтообробна техніка додатково простоє через заміну зношених стрілочастих лап. Все перераховане в рази збільшує витрати на обробіток ґрунту та значно знижує кількість отриманої валової продукції. В результаті для підтримки ґрунтообробних знарядь у працездатному стані підприємства з виробництва запасних частин до сільськогосподарської техніки випускають велику кількість нових стрілочастих лап як запасні частини. При цьому витрачається значна кількість дорогої легованої сталі. У зв'язку з цим, підвищення зносостійкості та довговічності стрілочастих лап ґрунтообробних знарядь у процесі їх експлуатації є однією з важливих наукових проблем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Існує велика кількість методів відновлення працездатності культиваторних лап. Найбільш затребуваним є їх відновлення з нанесенням покриттів наплавленням. Для цього найчастіше використовують електроди Т-590, Т-620 [2-4]. Для підвищення якості відновлення та зносостійкості також використовують різні способи модифікування відновлювального металу покриття. Найчастіше додатково вводять модифікатор як обмазки електрода або – шлікерного покриття [5].

Формування мети дослідження

Метою роботи стало підвищення зносостійкості нанесеного покриття у процесі експлуатації культиваторних лап. Завдання дослідження полягала в оцінці зносостійкості покриттів при введенні додаткового модифікатора у рідку ванну при наплавленні.

Викладення основного матеріалу дослідження

Для вирішення поставленого завдання наплавлення на культиваторну лапу із сталі 65Г здійснювали електродом Т-620. Як модифікуючу домішку використовували бентонітову глину [6], а також немагнітну фракцію детонаційної шихти від утилізації боєприпасів з алмазною фракцією [7]. Вибір цих компонентів обумовлений тим, що використання модифікатора глини, яка містить оксиди кремнію і алюмінію можуть добре протистояти і чинити опір зношуванню аналогічним матеріалам, що входять до складу ґрунту. Детонаційна шихта, що включає нано- та дисперсні алмази, також може підвищити зносостійкість покриття. У результаті досліджували чотири різні варіанти нанесення покриття. Для цього використовували електрод Т-620 з додатковим модифікуванням його обмазуванням бентонітової глиною, а також з немагнітною фракцією детонаційної шихти [8] та нанесенням її у вигляді шлікерного покриття на ріжучу поверхню культиваторної лапи. Хімічний склад електрода, що застосовується, %: 3,0 С, 2,2 Si, 1,2 Mn, 22,5 Cr, 0,7 Ti, 0,8 В, 0,03 S. Бентонітова глина містить такі компоненти, як, %: 1,65 Fe, 0,25 К, 0,15 Са, 0,06 S, 0,2 Mg, 54,88 Si, 32,42 Al, 0,3 Na. Шихта, за даними хімічного аналізу, включає нано- і дисперсні алмази 3,37–3,43% С, а також як основні компоненти мідь до 3,14% і залізо до 2,9%, а решта – мала частка різних модифікуючих домішок та їх з'єднань.

На першому етапі було оцінено мікротвердість отриманих покриттів (рис. 1). З наведених даних видно, що кожен модифікатор вносить зміни підвищення мікротвердості різною мірою. Найбільше підвищення мікротвердості спостерігається на поверхні покриття та плавне її зниження до перехідного шару. При наплавленні електродом мікротвердість по всій глибині покриття коливається в межах HV-50-681,2-871,2.

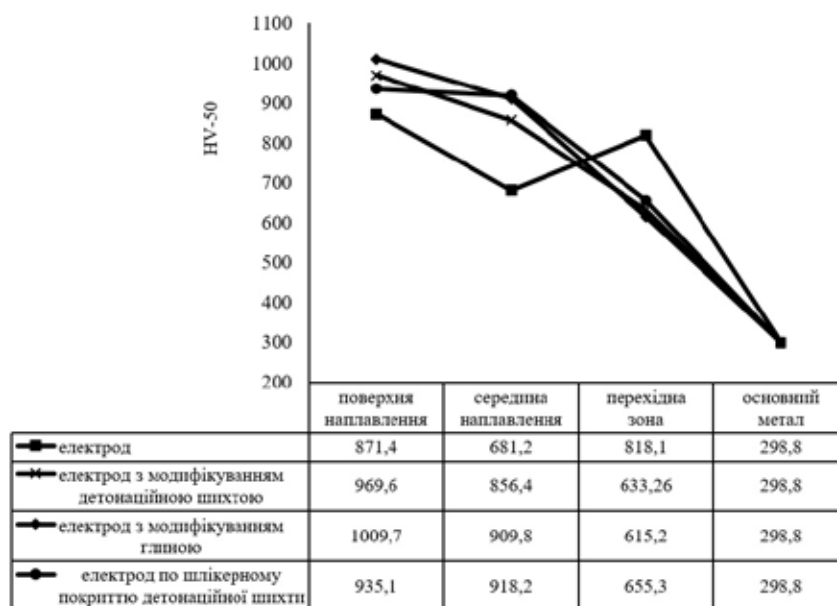


Рис. 1. Середні значення мікротвердості при різних варіантах нанесення покриттів

Найбільш висока мікротвердість перехідного шару характерна для варіанту без введення присадки, що модифікує, що пов'язано з високим рівнем формування напружень. При введенні модифікуючої домішки – глини або детонаційної шихти (залежно від їх частки) можна суттєво знизити температуру рідкої ванни (на ~300°C), що дозволяє зменшити рівень напруги та величину перехідної зони.

Найбільшу мікротвердість має поверхню покриття з додатковим уведенням бентонітової глини у рідку ванну. Мікротвердість його змінюється від HV-50-1009,7 до HV-50-615,2. Аналогічно впливає і модифікуюча домішка детонаційної шихти. І тут мікротвердість змінюється від HV-50-969,6 до HV-50-633,26. Наплавлення по шлікерному покриттю також вносить зміни рівня мікротвердості. Оскільки товщина нової лапи становить 6мм, а – зношеної до 5мм, цей спосіб через нерівномірний розподіл в рідкій ванні домішки більшою мірою впливає на основний метал і підвищує протяжність і напруги перехідної зони.

Для оцінки впливу присадок, що модифікують, при нанесенні відновлювальних покриттів провели їх випробування на знос. Стендові випробування на знос проводили машиною тертя СМТ-1 на підприємстві ДП «Завод ім. В.А. Малишева». Відносну зносостійкість різних способів відновлення та зміцнення поверхні деталей проводили і оцінювали за п'ятьма варіантами: 1 – вихідний матеріал культиваторної лапи – сталь 65Г; Т-620 з використанням розплавлення шлікерного покриття не магнітної фракції детонаційної шихти; 4 – нанесення покриття електродом Т-620; 5 – наплавлення електродом Т-620 з його обмазкою глиною. Випробування проводили за схемою «диск-колодка». Схема випробувань та розміри зразків наведено на рис. 2.

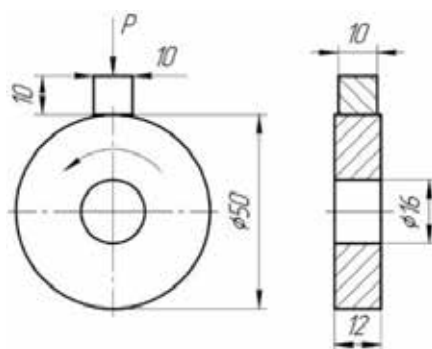


Рис. 2. Схема випробувань та розміри зразків при стендових випробуваннях на знос

Випробування зразків здійснювали в абразивному середовищі кварцового піску без мастила та проводили за схемою Брінеля. Випробування піддавали зразки розміром 10x10мм, вирізані із зони з покриттям, та оброблені на плоскошліфувальному верстаті при навантаженні 5кг. Контртіло – фторопласт (ПТФЕ-4). У цьому випробуванні фторопласт використовували як тіло для утримання абразиву в області тертя. Як абразив використовували пісок Староверовського родовища (Україна) фракцією 0,25–0,4 мм. Перед випробуванням підготовлені зразки (колодки, диски) промивали, маркували, зважували на терезах WA-200. Результати попередніх випробувань наведено у табл. 1. Шлях тертя становив 100 м.

Таблиця 1

Випробування на зношування в умовах абразивного середовища

№ з/п	Варіант зміцнення	Відсоток зносу, %
1	Початковий матеріал культиваторної лапи сталь 65Г	1,0
2	Наплавлення обмазуванням електродом Т-620 із введенням не магнітної фракції детонаційної шихти.	0,30
3	Наплавлення електродом Т-620 по шлікерному покриттю не магнітної фракції детонаційної шихти.	0,63
4	Наплавлення електродом Т-620	0,62
5	Наплавлення електродом Т-620 з додатковим введенням глини	0,45

З результатів аналізу встановлено, що найкращі показання при випробуванні на знос показали зразки з додатковим введенням глини і магнітної фракції не детонаційної шихти з алмазною фракцією. Наплавлення по шлікерному покриттю істотних змін не вносить і за коефіцієнтом тертя на рівні зі звичайним наплавленням електродом.

При введенні глини або шихти у відновне покриття, зносостійкість підвищується в 1,3–2 рази до нанесення його електродом без модифікування і в 2–3 рази – до звичайного матеріалу культиваторної лапи.

Для подальшого аналізу провели додатково порівняльні випробування на знос, з визначенням коефіцієнту тертя за різних умов проведення дослідження (сухе, сухе з подачею кварцового піску фракцією 0,25–0,40 мм; з подачею кварцового піску та води) та оцінили мінливість коефіцієнтів тертя (табл. 2 та рис. 3). При даних випробуваннях також використовували деталь, що сполучається «диск» з фторопласту Ø50мм, швидкість ковзання при цьому становила 0,78 м/с.

Таблиця 2

Випробування на зношування покриттів

№ варіанта	Значення $f_{тр}$ за умов випробування		
	P = 50Н *	P=50Н**	P=200Н***
1. Початковий матеріал культиваторної лапи сталь 65Г	0,48-0,52	0,64-0,70	0,38-0,42
2. Наплавлення електродом Т-620 з додатковим введенням не магнітної фракцією детонаційної шихти.	0,40-0,50	0,68-0,74	0,38-0,42
3. Наплавлення електродом Т-620 по шлікерному покриттю не магнітної фракції детонаційної шихти	0,40-0,43	0,72-0,74	0,34-0,38
4. Наплавлення електродом Т-620	0,40-0,49	0,60-0,64	0,32-0,34
5. Наплавлення електродом Т-620 з додатковим введенням глини	0,44-0,46	0,72-0,83	0,34-0,36

Умови випробувань: * сухе тертя; ** сухе з подачею кварцового піску фракції 0,25-0,40 мм; *** з подачею кварцового піску та води.

Деяке зниження коефіцієнта тертя при випробуванні наплавлених зразків без модифікування (див. рис. 3б № 4) пов'язане з процесом схоплювання, що знизило період випробувань.

З отриманих даних встановлено, що найнижчий коефіцієнт характерний для сухого тертя, а також гідроабразивного у зразках з додатковим модифікуванням глиною та детонаційною шихтою. При подачі абразиву коефіцієнт тертя знижується у зразках з наплавленням покриття електрода і модифікуванням немагнітної фракцією детонаційної шихти.

Виходячи з отриманих результатів випробувань для підвищення стійкості культиваторних лап в експлуатації рекомендується при нанесенні відновлювальних покриттів використовувати вторинне сировину для модифікування відновлювальних покриттів і природні матеріали, які не тільки підвищують стійкість робочого інструменту машин, а і зменшують схильність до пошкодження виробу. та зниження перерізу перехідного шару та рівня напружень.

Висновки

Показано можливість використання для модифікування природного продукту – глини та вторинної сировини – немагнітної фракції детонаційної шихти з алмазною фракцією від утилізації боєприпасів.

При введенні глини та шихти в покриття методом наплавлення, зносостійкість підвищується в 1,3 та 2 рази по відношенню до покриття, виконаного тільки електродом, а також по відношенню до вихідного матеріалу культиваторної лапи у 2 та 3 рази відповідно.

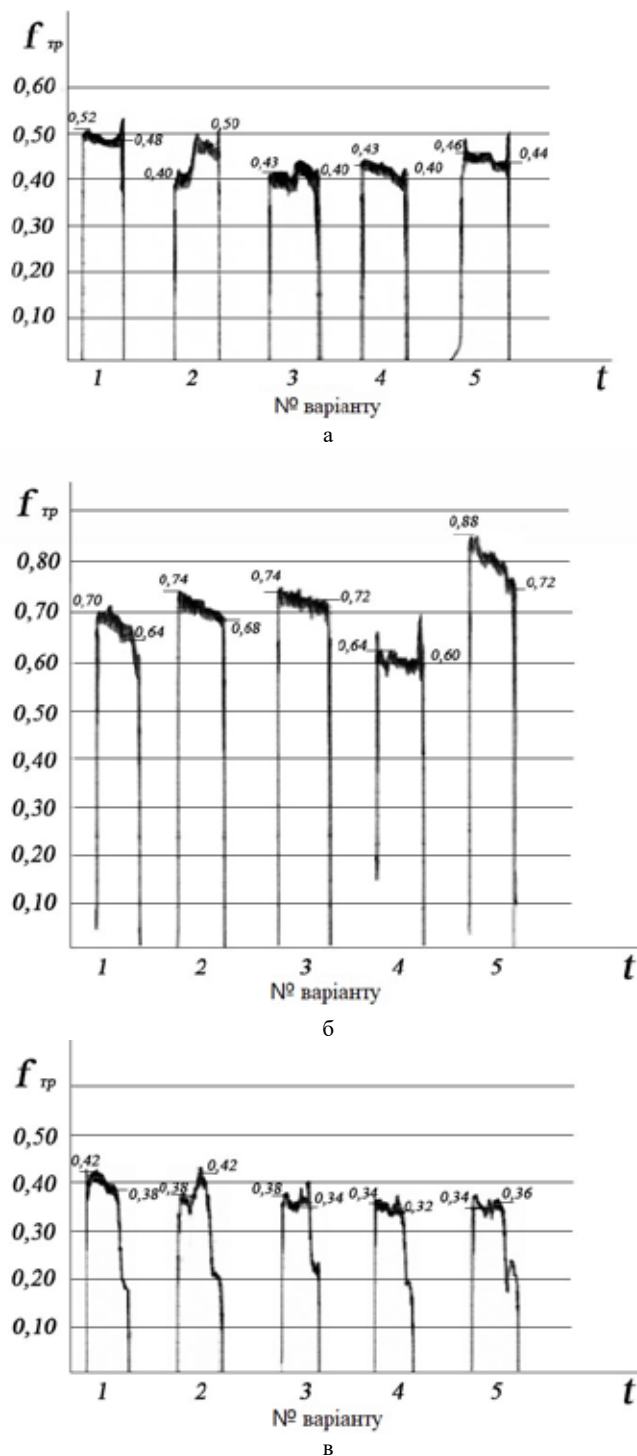


Рис. 3. Діаграми випробувань на зношування покриттів в режимі сухого тертя (а), з подачею кварцового піску фракції 0,25–0,40мм (б) та в гідроабразивному середовищі (в): 1 – вихідний матеріал культиваторної лапи сталь 65Г; 2 – наплавлення електродом Т-620 з додатковим модифікуванням не магнітною фракцією детонаційної шихти; 3 – електродом Т-620 по шлікерному покриттю не магнітною фракцією детонаційної шихти; 4 – електродом Т-620; 5 – електродом Т-620 з додатковим введенням глини

Для підвищення терміну служби культиваторних лап в експлуатації рекомендуються їх відновлювати з нанесенням покриття наплавленням та додатковим модифікуванням глиною або немагнітною детонаційною шихтою з алмазною фракцією.

Список використаної літератури

1. Анализ способов изготовления, упрочнения и восстановления стрелчатых лап культиватора. / Т.С. Скобло, И.Н. Рыбалко, А.В. Тихонов, А.Д. Мартыненко *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. Харьков, 2019. № 15. С. 60-85.
2. Кожухова Н.Ю. Выбор технологии армирования лемехов. *Сельский механизатор*. М., 2010. № 5. С. 30.
3. Ерохин М.Н., Новиков В.С. Повышение прочности и износостойкости лемеха плуга. *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина*. М., 2008. № 3 (28). С. 100-107.
4. Тюрева А.А., Феськов С.А. Восстановление лап культиваторов методом «компенсирующих элементов» с использованием наплавочного армирования. *Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета*. Кокино, 2017. № 1 (1). С. 101-119.
5. Применение модифицирующих присадок для восстановления деталей машин. / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, И.Н. Рыбалко, А.В. Марков *Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. Кропивницький, 2017. Вип. 47, Ч. I. С. 229-240.
6. Применение модифицирующей присадки – глины при восстановительной наплавке деталей / Т.С. Скобло, И.Н. Рыбалко, А.И. Сидашенко, А.В. Тихонов. *Сварочное производство*. М., 2020. № 7. С. 41-49.
7. A new way of getting the charge with diamond fraction / T. Skoblo, A. Nanka, Yu. Kuskov, A. Saychuk, V. Romanchenko, S. Romaniuk, I. Rybalko, A. Markov, Yu. Samsonov, T. Maltsev *Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. (Nanosistemi, nanomateriali, nanotehnologii)*. 2021. Том 19, вип. 1. С. 23-33. <https://doi.org/10.15407/nnn.19.01.023>
8. Спосіб підвищення зносостійкості стрілкової лапи культиватора: пат. 130824 Україна. №u201806896; заявл. 19.06.2018; опубл. 26.12.2018, Бюл. № 24, 5 с.

References

1. Skoblo T.S., Rybalko I.N., Tihonov A.V., Martynenko A.D. Analiz sposobov izgotovleniya, uprochneniya i vosstanovleniya strelchatykh lap kultivatora [Analysis of methods for manufacturing, strengthening and restoration of cultivator lancepaws]. *Tekhnichniy servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportno hokompleksiv*. Harkiv, 2019, № 15, pp. 60-85.
2. Kozhuhova N.Yu. Vybortehnologii armirovaniya lemehov [Choice of share reinforcement technology]. *Selskiy mehanizator*. Moskva, 2010, № 5, pp. 30.
3. Erohin M.N., Novikov V.S. Povyshenie prochnosti i iznosostoykosti lemehapluga [Increasing the strength and wear resistance of the plow share]. *Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshogo professional'nogo obrazovaniya Moskovskiy gosudarstvenniy agroinzhenerniy universitetim*. V.P. Goryachkina. Moskva, 2008, № 3 (28), pp. 100-107.
4. Tyureva A.A., Feskov S.A. Vosstanovlenie lap kultivatorov metodom “kompensiruyuschih elementov” s ispolzovaniem naplavochnogo armirovaniya [Restoration ofpaws of cultivators by the method of “compensating elements” using hardfacing reinforcement]. *Trudy inzhenerno-tehnologicheskogo fakulteta Bryanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. Kokino, 2017, № 1 (1), pp. 101-119.
5. Skoblo T.S., Sidashenko A.I., Rybalko I.N., Markov A.V. Primenenie modifitsiruyuschih prisadok dlya vosstanovleniya detaley mashin [The use of modifying additives for the restoration of machine parts]. *Zahalnoderzhavnyi mizhvidomchyi naukovotekhnichniy zbirnyk. Konstruiuvannya, vyrobnytsstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn*. Kropivnitskiy, 2017, Vip. 47, Ch. I, pp. 229-240.
6. Skoblo T.S., Rybalko I.N., Sidashenko A.I., Tikhonov A.V. Primenenie modifitsiruyushchej prisadki – gliny pri vosstanovitel'noj naplavke detalej [The use of a modifying additive – clay in the recovery surfacing of parts]. *Svarochnoe proizvodstvo*. M., 2020, № 7, pp. 41-49.
7. Skoblo T., Nanka A., Kuskov Yu., Saychuk A., Romanchenko V., Romaniuk S., Rybalko I., Markov A., Samsonov Yu., Maltsev T. A new way of getting the charge with diamond fraction. *Nanosistemi, nanomateriali, nanotehnologii*. 2021, Tom 19, vyp. 1, pp. 23-33. <https://doi.org/10.15407/nnn.19.01.023>
8. Skoblo T.S., Sidashenko O.I., Rybalko I.M., Tihonov O.V., Oleynyk O.K. Sposib pidvyshchennia znosostiikosti strilchastoi lapy kultyvatora [The method of increasing the wear resistance of the arrow paw of the cultivator]. Patent UA no.130824, 2018.