

Рибалко І.М.¹,
Тіхонов О.В.¹,
Марков О.В.²,
Захаров А.В.¹,
Рижков Р.С.¹

¹Державний біотехнологічний університет,
м. Харків, Україна
²Національна академія Національної гвардії України,
м. Харків, Україна
E-mail:
kafedraTSRP@i.ua

**ВПЛИВ МОДИФІКУЮЧИХ ДОМІШОК
ЗА УМОВ НАНЕСЕННЯ
ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ
НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ**

<https://doi.10.5281/zenodo.15426218>

УДК 621.791

Рибалко І.М., Тіхонов О.В., Марков О.В., Захаров А.В., Рижков Р.С. Вплив модифікуючих домішок за умов нанесення відновлювальних покриттів на зносостійкість

Анотація. Розглянуто проблему абразивного зношування, яке є основною причиною виходу з ладу деталей машин і механізмів, особливо сільськогосподарського обладнання. Дослідження акцентують увагу на механохімічних аспектах процесу зношування, включаючи роль фізико-хімічної взаємодії матеріалів із навколишнім середовищем. Встановлено, що контакт абразиву із металевими поверхнями створює неоднорідне напруження, що сприяє підвищеному активуванню поверхневих шарів і збільшує інтенсивність окислювальних процесів. Представлено результати дослідження зносостійкості відновлених поверхонь деталей, оцінених за 12 варіантами. Розглянуто ефективність використання різних матеріалів і технологій наплавлення. Встановлено, що відносна зносостійкість наплавлення дротом Св-08Г2С без модифікуючих домішок становить 1,0; із застосуванням наноалмазів – 0,17, дисперсних алмазів – 0,22, порошку шунгіту – 0,26. Найкращі показники зносостійкості досягнуті при використанні глини та немагнітної фракції детонаційної шихти з алмазними включеннями на електрод Т-620. Наплавлення по шлікерному покриттю не впливає суттєво на коефіцієнт тертя. Досліджено можливість використання глин із різних родовищ, зокрема глини Прилукського родовища, яка зменшує знос поверхонь на 27%. Глина Куп'янського родовища, навпаки, підвищує знос. Зроблено висновки щодо оптимізації конструкційних, технологічних і експлуатаційних заходів для забезпечення довговічності обладнання, працюючого в абразивному середовищі. Подано рекомендації з вибору матеріалів і способів зміцнення поверхонь для покращення міжремонтного періоду експлуатації машин.

Ключові слова: домішка; модифікатор; покриття; зносостійкість; випробування; вторинна сировина; бентонітова глина; наплавлення.

Rybalko I.M., Tihonov O.V., Markov O.V., Zakharov A.V., Ryzhkov R.S. Influence of modifying additives when applying restoration coatings on wear resistance

Abstract. *The article addresses the issue of abrasive wear, which is the primary cause of machine and mechanism failures, particularly in agricultural equipment. The study focuses on the mechanochemical aspects of wear processes, including the role of physico-chemical interactions between materials and the environment. It has been established that the contact of abrasive particles with metal surfaces creates non-uniform stress, which enhances surface layer activation and increases the intensity of oxidative processes. The article presents the results of a study on the wear resistance of restored component surfaces evaluated across 12 variants. The effectiveness of various materials and welding technologies is examined. It was found that the relative wear resistance of welding using Sv-08G2S wire without modifying additives is 1.0; with nanodiamonds – 0.17, dispersed diamonds – 0.22, and shungite powder – 0.26. The best wear resistance results were achieved using clay and the non-magnetic fraction of detonation mixtures with diamond inclusions on the T-620 electrode. Welding with slip coating did not significantly affect the coefficient of friction. The feasibility of using clays from various deposits was studied, particularly clay from the Pryluky deposit, which reduces surface wear by 27%. In contrast, clay from the Kupyansk deposit increased wear. Conclusions were drawn regarding the optimization of design, technological, and operational measures to ensure the durability of equipment operating in abrasive environments. Recommendations are provided for the selection of materials and surface strengthening methods to improve the maintenance intervals of machinery.*

Keywords: *admixture; modifier; coating; wear resistance; testing; secondary raw materials; bentonite clay; surfacing.*

Постановка проблеми

Основною причиною виходу з ладу машин та механізмів є знос. 80-90% рухомих з'єднань та робочих органів сільськогосподарських машин, які контактують з абразивним матеріалом, піддаються інтенсивному зносу, втрачають свої експлуатаційні властивості, а це спричиняє за собою збільшення капіталовкладень на ремонт, відновлення, а в деяких випадках, заміну обладнання.

Абразивне зношування є одним із найбільш поширених та згубних видів поверхневого руйнування [1-8]. Незважаючи на надмірну поширеність та руйнівну дію, процес абразивного зношування досі досліджений однобічно. Абразивне зношування досі розглядається як переважно механічний процес. Останнім десятиліттям було чітко встановлено великий вплив на процеси руйнування робочих середовищ і особливо їх активних компонентів. Механічно активізовані поверхні тертя термодинамічно неминуче і активно взаємодіють з окислювачами. Наявність абразиву призводить до додаткового пружнопластичного деформування поверхневих шарів, їх активування та подальшої взаємодії із зовнішнім середовищем. В результаті об'єктом руйнування стають вторинні структури, які неминуче і постійно утворюються на поверхнях тертя.

З аналізу цих робіт випливає, що найбільш поширеним та швидкоплинним є абразивне зношування [1-8]. Розрахункові залежності абразивного зношування побудовані переважно на емпіричній основі. Існує низка теорій, що пояснюють процеси поверхневого руйнування матеріалів, проте існуючі думки про сутність процесу абразивного зношування суперечливі, переважають механічні концепції. В окремих роботах вказується, що на формування структури поверхневих шарів за наявності абразивного середовища впливає і фізико-хімічна дія довкілля.

Контакт абразивної частинки із металевою поверхнею носить дискретний

характер. Дискретний розподіл навантаження призводить до неоднорідності поля напруги в поверхневому шарі. При цьому напруга може збільшуватися в 6-7 разів при тих же тисках на номінальну площу. У загальному випадку тиск окатаної абразивної частинки по поверхні металу можна розглядати як ковзання твердої напівсфери по об'єму, що пластично деформується.

Знаючи основні механізми механохімічної форми абразивного зношування - посилене активування за рахунок додаткової концентрації напруг та більш інтенсивне окислення – пасивацію і як на них впливають умови тертя, матеріали та середовище, можна керувати поверхневою міцністю та руйнуванням. При управлінні необхідно забезпечувати динамічну рівновагу процесів активування та пасивації та оптимальний захист робочих поверхонь від додаткового впливу активних компонентів зовнішнього середовища, зокрема кисню.

Вибір оптимального варіанта керування шляхом застосування конструкторських, технологічних та експлуатаційних засобів забезпечення зносостійкості. Конструкторські та технологічні засоби мають бути в основному спрямовані на стримування процесів активізації, експлуатаційні на керування пасивацією.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Протягом багатьох десятиліть провідні науковці займаються питанням підвищення зносостійкості робочих органів машин від абразивного зношування. Це питання залишається дуже актуальним і досі.

Загальними питаннями теорій та практики виготовлення й ремонту деталей сільськогосподарських машин працюючих в абразивному середовищі, присвячена велика кількість робіт як зарубіжних, так і вітчизняних науковців. Зокрема, був вивчений механізм абразивного зношування, розроблені методики дослідження та класифікація абразивного зношування, досліджувались нові матеріали та прогресивні технології для відновлення деталей обладнання; визначили фактори, що впливають на довговічність обладнання при абразивному зносі, а також вимоги до конструкційних матеріалів, які дозволяють збільшити міжремонтний період роботи обладнання.

Визнаючи значущість попередніх досліджень слід відмітити, що переважна більшість розробок є вузькоспрямованою, тоді як існує потреба в універсальному підході до визначення зносу та зносостійкості різних видів обладнання, що працює при варіабельності експлуатаційних умов.

Формулювання мети досліджень

Обґрунтований вибір легуючих елементів та модифікуючих домішок у сплавах для трібосистем тертя машин, механізмів і приладів впливає на закономірності явища структурної пристосовуваності і є одним з головних шляхів досягнення оптимальних показників тертя і поверхневої міцності [1-8].

Дотепер питанням легування металевих матеріалів з метою підвищення їхньої зносостійкості приділялося мало уваги. Вибір легуючих елементів і розробка спряжень антифрикційних матеріалів для підшипників ковзання здійснювалися емпіричним шляхом з урахуванням уявлень, сформульованих у правилах Шарпі, Боудена. Фрикційні матеріали для деталей гальмових систем розроблялися також емпіричним шляхом відповідно до переліків технічних вимог, пропонованих до експлуатації таких спряжень. Вплив тих чи інших комплексів легуючих елементів оцінювався за результатами не стандартизованих лабораторних і промислових випробувань.

Виявлення фізичних механізмів структурної пристосовуваності створює основу для розвитку теорії легування і розкриває принципово нові можливості практичних рішень для забезпечення максимальної поверхневої міцності, антифрикційності і фрикційності матеріалів шляхом обґрунтованого вибору легуючих елементів та їхніх комплексів.

Одержання вторинних структур заданого типу, що мають оптимальні властивості, істотно залежить від хімічного складу вихідного матеріалу. Легуючі добавки обумовлюють кінетику утворення і весь комплекс властивостей вторинних структур, які визначають їхню міцність і зв'язок з основним металом.

У теоретичному плані питання легування сталі з метою підвищення зносостійкості раніше взагалі не розглядалися. Сполуки сталей, для тертьових деталей вибиралися в основному емпіричним шляхом без виявлення механізмів зносостійкості. Основною умовою досягнення зносостійкості було забезпечення високої твердості.

Основним завданням керування поверхневою міцністю деталей машин, що працюють в абразивному середовищі, є усунення можливостей виникнення механічної форми та мінімізація рівня механохімічного зношування. Ці завдання можуть бути вирішені при застосуванні методів зміцнюючої технології за рахунок збільшення властивостей міцності і активізації, структури і хімічного складу матеріалу. Метод наплавлення у зв'язку з великими можливостями зміни механічних властивостей, структури та хімічного складу дає великі перспективи ефективного використання для локалізації абразивного зношування.

Результати досліджень

Для оцінки впливу модифікуючих домішок при нанесенні відновлювальних покриттів провели їх випробування на зносостійкість.

Відносну зносостійкість різних способів відновлення поверхонь деталей проводили і оцінювали за дванадцятьма варіантами [9-15]:

- 1 – наплавлення дротом Св-08Г2С з використанням наноалмазів;
- 2 – наплавлення дротом Св-08Г2С з використанням дисперсних алмазів;
- 3 – наплавлення дротом Св-08Г2С без введення модифікуючих домішок;
- 4 – наплавлення дротом Св-08Г2С з використанням порошку шунгиту;
- 5 – вихідний матеріал культиваторної лапи – сталь 65Г;
- 6 – нанесенням покриття електродом Т-620 з додатковим модифікуванням немагнітною фракцією детонаційної шихти шляхом обмазки електрода;
- 7 – наплавлення електродом Т-620 з використанням розплавлення шлікерного покриття немагнітної фракції детонаційної шихти;
- 8 – нанесення покриття електродом Т-620;
- 9 – наплавлення електродом Т-620 з його обмазкою бентонітовою глиною.
- 10 – наплавлення електродом Е46 – Моноліт
- 11 – наплавлення електродом з додатковим введенням глини Прилукського родовища;
- 12 – наплавлення електродом з додатковим введенням глини Куп'янського родовища.

Випробування на знос проводили на машині тертя СМТ-1. Випробування проводили за схемою «диск-колодка». Схема випробувань і розмір зразків наведені на рис. 1.

При цьому, використовували різні середовища випробувань: моторне мастило марки М14В2 з домішкою 3% кварцового пилу; з кварцовим піском фракцією 0,25-0,40мм, як абразив, а також без використання мастила.

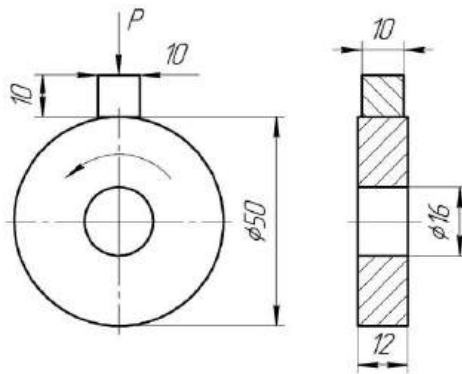


Рис. 1. Схема випробувань і розміри зразків при випробуваннях на зношення.

Тривалість кожного ступеню навантаження становила 2,5 хв. При цьому, частота обертів на всіх рівнях була постійною – 500 хв^{-1} .

При даних випробуваннях також використовували сполучення деталь – «диск» з фторопласту $\text{Ø}50 \text{ мм}$. Швидкість ковзання при цьому становила $0,78 \text{ м/с}$. Як контртіло для деяких зразків були використані ролики, виготовлені з легованого сірого чавуну.

Таблиця 1

Коефіцієнт тертя досліджуваних варіантів відновлення і зміцнення модифікуванням

№ варіанту	Значення $f_{\text{тер}}$ при навантаженні $P=200 \text{ Н}$
1. Вихідний матеріал культиваторної лапи сталь 65Г	0,38-0,42
2. Наплавлення електродом Т-620 з додатковим введенням немагнітної фракції детонаційної шихти	0,38-0,42
3. Наплавлення електродом Т-620 по шлікерному покриттю немагнітної фракції детонаційної шихти	0,34-0,38
4. Наплавлення електродом Т-620	0,32-0,34
5. Наплавлення електродом Т-620 з додатковим модифікуванням бентонітовою глиною	0,34-0,36
6. Наплавлення з наноалмазами дротом Св-08Г2С	0,080-0,093
7. Наплавлення без введення домішки дротом Св-08Г2С	0,090-0,101
8. Наплавлення з дисперсними домішками алмазів дротом Св-08Г2С	0,100-0,101
9. Наплавлення з шунгітом дротом Св-08Г2С	0,090-0,095
10. Наплавлення електродом Е46 – Моноліт	0,0928-0,217
11. Наплавлення електродом Е46 з додатковим введенням глини Прилукського родовища	0,0678-0,130
12. Наплавлення електродом Е46 з додатковим введенням глини Куп'янського родовища	0,1242-0,213

Перед випробуванням підготовлені зразки (колодки, диски) промивали, маркували, зважували на вагах WA-200 і визначали початковий рівень мікротвердості. Під час випробувань фіксували момент тертя.

По завершенню етапу випробувань і повного охолодження зразка і ролика, їх ретельно промивали, зважували для визначення величини зносу. Потім вимірювали ширину доріжки тертя. Оцінювали коефіцієнт тертя по залежності:

$$f = \frac{M_{тер}}{P \cdot r_p}, \quad (1)$$

де $M_{тер}$ – момент тертя, Н·м;

P – сила нормального тиску, яка притискає зразок до ролика, Н;

r_p – радіус ролика, м;

Значення коефіцієнтів тертя та зносів зразків наведені в табл. 1-2 та на рис. 2-3.

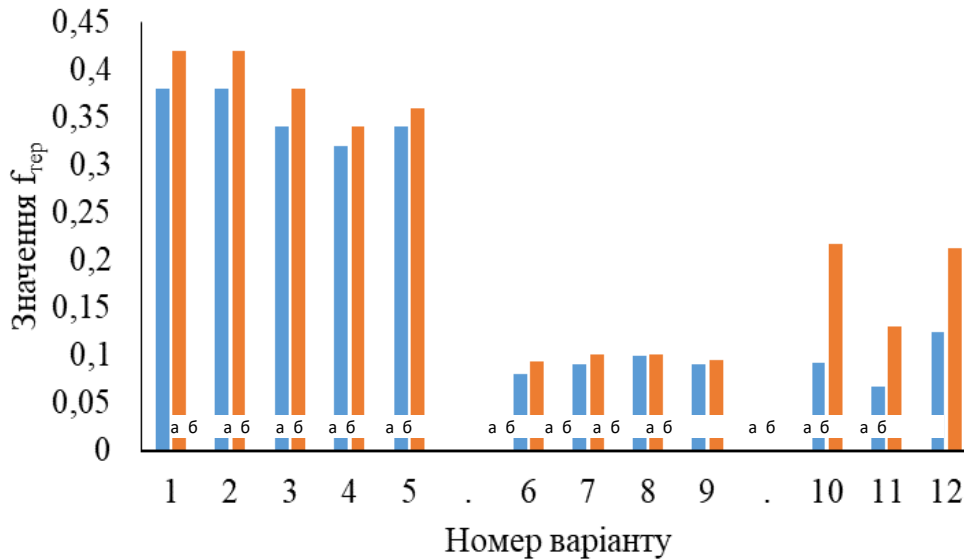


Рис. 2. Значення коефіцієнтів тертя після випробувань: а – мінімальне значення коефіцієнту тертя; б – максимальне.

Таблиця 2

Значення зносу зразків після випробувань в середовищі кварцового піску

№ з/п	Варіант зміцнення	Знос, г
1	Вихідний матеріал культиваторної лапи – сталь 65Г	0,0145
2	Наплавлення обмазкою електродом Т-620 з введенням немагнітної фракції детонаційної шихти	0,0044
3	Наплавлення електродом Т-620 по шлікерному покриттю з немагнітної фракції детонаційної шихти	0,0092
4	Наплавлення електродом Т-620	0,0090
5	Наплавлення електродом Т-620 з додатковим введенням бентонітової глини	0,0066
6	Наплавлення з наноалмазами дротом Св-08Г2С	0,17
7	Наплавлення без домішок дротом Св-08Г2	1,0
8	Наплавлення з дисперсними алмазами дротом Св-08Г2С	0,22
9	Наплавлення з шунгітом дротом Св-08Г2С	0,26
10	Наплавлення електродом Е46 – Моноліт	0,0928
11	Наплавлення електродом з додатковим введенням глини Прилукського родовища	0,0678
12	Наплавлення електродом з додатковим введенням глини Куп'янського родовища	0,1242

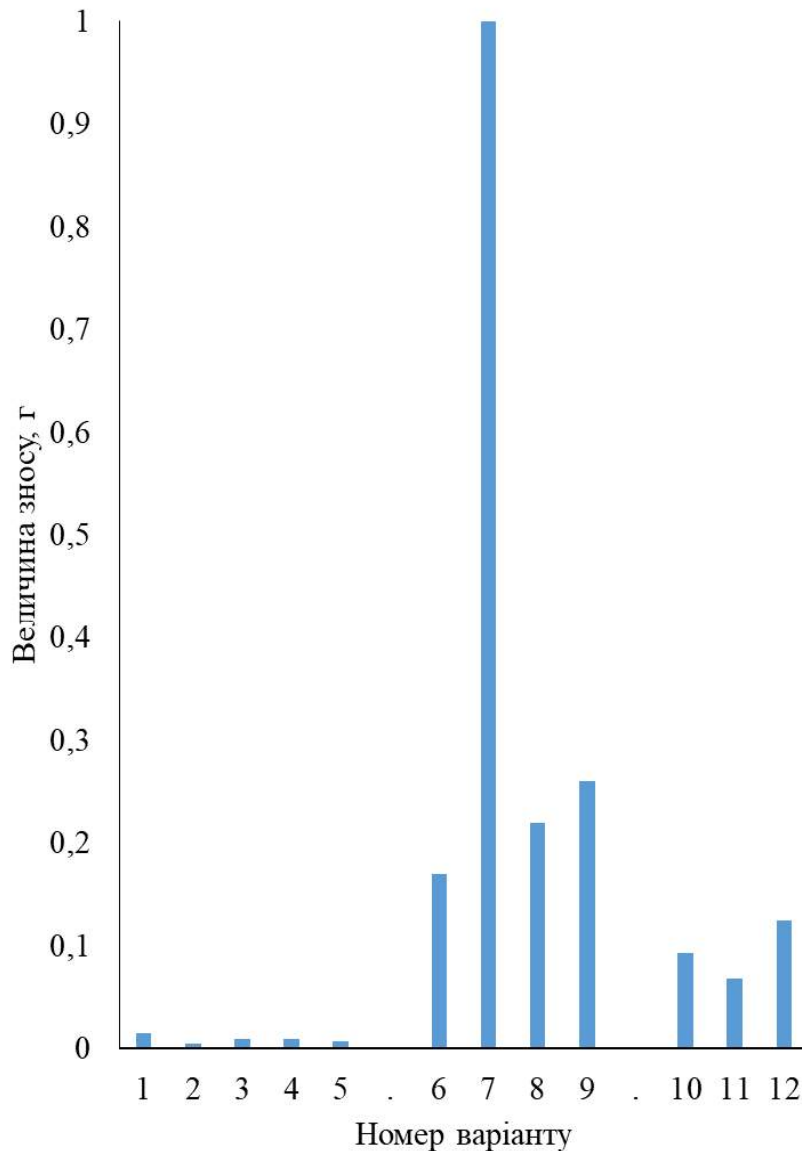


Рис. 3. Випробування на зношування в умовах абразивного середовища.

Аналізуючи результати досліджень встановлено, що у варіанті модифікування зміцнюючого покриття для сталі 65 найменший коефіцієнт тертя має наплавлення електродом Т-620 без модифікування. В той же час найменший знос мають зразки наплавлені електродом Т-620 з введенням немагнітної фракції детонаційної шихти. Для варіанта наплавлення на сталь 45 дріт Св-08Г2С з модифікуванням наноалмазами має найменший коефіцієнт тертя та знос одночасно. При наплавленні деталей зі сталі 45 електродом Е-46 Моноліт з додатковим введенням глини Прилукського родовища також виявлено найменший коефіцієнт тертя та знос [9-15]. Відносна зносостійкість – це величина, яка характеризує здатність матеріалу або поверхні протистояти зносу під час експлуатації. Вона визначається співвідношенням між зносом даного матеріалу і зносом еталонного матеріалу в однакових умовах експлуатації. Цей показник зазвичай виражається у відсотках або у вигляді безрозмірного коефіцієнта. Відносна зносостійкість використовується для оцінки властивостей матеріалів у машинобудуванні, будівництві та інших галузях, де важливий термін служби виробів.

Висновки

1. Визначення відносної зносостійкості способів відновлення поверхонь деталей досліджували і оцінювали за дванадцятьма варіантами.

2. Встановлено, що відносна зносостійкість наплавлення дротом Св-08Г2С без введення модифікуючих домішок – 1,0, з використанням наноалмазів – 0,17, з використанням дисперсних алмазів – 0,22, з використанням порошку шунгіту – 0,26.

3. З результатів випробувань слідує, що найкращі показники при оцінці зносостійкості показали зразки з додатковим введенням глини і немагнітної фракції детонаційної шихти з алмазними включеннями на електрод Т-620. Наплавлення по шлікерному покриттю істотних змін не вносить і за коефіцієнтом тертя вона знаходиться на рівні звичайного наплавлення електродом.

4. Не завжди в умовах ремонтного підприємства сільськогосподарської техніки є можливість застосувати бентонітову глину. Вивчено можливість використання глини інших родовищ. Найкращий результат досягається в варіанті з використанням глини Прилукського родовища в якості додаткового ліхтерного покриття модифікуючої домішки. Знос такого варіанту зміцнення зменшується на ~ 27%. При введенні глини Куп'янського родовища знос збільшився.

5. Випробування показали, що коефіцієнт зносу для колодки змінюється в залежності від використовуваного електроду (дроту) та модифікуючої домішки.

Список використаних джерел

1. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. Київ. Техніка, 1970. 396 с.
2. Черновол М.И. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники: учебное пособие. Київ. УМК ВО. 1989. 256 с.
3. Закалов О.В. Триботехніка і підвищення надійності машин. Тернопіль. ТДТУ. 2000. 354 с.
4. Антипенко А.М., Белас О.М., Войтов В.А. Основы трибологии: підручник. За ред. В.А. Войтова. Харків. ХНТУСГ. 2008. 342 с.
5. Сидашенко А.И., Науменко А.А., Скобло Т.С. Теоретические основы технологии ремонта машин: учебник в 3-х т. Том 1. Теория и технология производственных процессов ремонта машин. Под ред. А.И. Сидашенко, А.А. Науменко. Харьков. ХНТУСХ. 2005. 590 с.
6. Скобло Т.С., Рыбалко И.Н., Сидашенко А.И., Тихонов А.В., Сайчук А.В. Технология локального легирования при восстановлении деталей: монография. Харків. ТОВ «Щедра садиба плюс». 2014. 208 с.
7. Кондрачук М.В., Хабутель В.Ф., Пашечко М.І., Корбут Є.В.. Трибология. Київ. Вид-во Національного авіаційного університету «НАУ-друк». 2009. 232 с.
8. Закалов О.В., Закалов І.О. Основы тертя і зношування в машинах. Тернопіль. Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя. 2011. 322 с.
9. Рижков Р.С., Рыбалко І.М. Управління абразивним зношуванням деталей машин. Молодь і індустрія 4.0 в ХХІ столітті: збірка матеріалів форуму ХХ Міжнародного форуму молоді. Харків. ДБТУ. 2024. С. 142.
10. Рыбалко І.М., Тихонов О.В., Рижков Р.С. Тепловідлення на поверхні тертя в абразивному середовищі. Інтелектуальні транспортні технології: тези доповідей 5 Міжнародної науково-технічної конференції. Харків. 25–27 листопада 2024 року. Харків. УкрДУЗТ. 2024. С. 316–319.
11. Skoblo T.S., Rybalko I.N., Tihonov A.V., Maltsev T.V. Improving the wear

resistance of hoeblades by modify ingofrestoration coatings. *Problems of Tribology*. 2019. Vol. 94 (4). P. 27–31. <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2019-94-4-27-32>.

12. Скобло Т.С., Нанка О.В., Сайчук О.В., Рибалко І.М., Марков О.В. Модифікування при відновленні виробів наплавленням із застосуванням детонаційної шихти. *Промисловість в фокусі*. Харків, 2021. №3 (99). С. 53–56.

13. Рибалко І.М., Тіхонов О.В., Гобиш В.С. Підвищення зносостійкості деталей введенням модифікаторів глини українських родовищ в наплавлення. *Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв: матеріали міжнародної науково-практичної конференції*. 24-25 листопада 2022 року. Харків. С. 355–357.

14. Скобло Т.С., Тіхонов О.В., Рибалко І.М. Використання дисперсних домішок вторинної сировини при відновленні деталей машин. *Промышленность в фокусе*. Харків. 2019. №12 (84). С. 55–57.

15. Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Рыбалко И.Н., Марков А.В. Применение модифицирующих присадок для восстановления деталей машин. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. Кропивницький: ЦНТУ, 2017. Вип. 47, Ч. I. С. 229–240.

References

1. Kostetsky B.I. (1970). *Friction, lubrication and wear in machines*. Kyiv. Technics. 396 p.

2. Chornovol M.I. (1989). *Restoration and strengthening of details of agricultural technology: Textbook*. Kiev. UMC VO. 256 p.

3. Zakalov O.V. (2000). *Tribotechnics and improving the reliability of machines*. Ternopil. TDTU. 354 p.

4. Antipenko A.M., Belas O.M., Voitov V.A. (2008). *Fundamentals of Tribology: Textbook*. For a row. V.A. Voitova. Kharkiv. KhNTUSG. 342 p.

5. Sidashenko A.I., Naumenko A.A., Skoblo T.S. (2005). *Theoretical Foundations of Machine Repair Technology: Textbook in 3 vols. Volume 1. Theory and technology of production processes of machine repair*. Ed. A.I. Sidashenko, A.A. Naumenko. Kharkiv. KhNTUSH. 590 p.

6. Skoblo T.S., Rybalko I.N., Sidashenko A.I., Tikhonov A.V., Saichuk A.V. (2014). *Technology of local doping in the restoration of parts: monograph*. Kharkiv. LLC "Generous Estate Plus". 208 p.

7. Kondrachuk M.V., Khabutel V.F., Pashechko M.I., Korbut E.V. (2009). *Tribology*. Kiev. Publishing House of the National Aviation University "NAU-Druk". 232 p.

8. Zakalov O.V., Zakalov I.O. (2011). *Fundamentals of friction and wear in machines*. Ternopil. Ivan Puluy TNTU Publishing House. 322 p.

9. Ryzhkov R.S., Rybalko I.M. (2024). *Control of abrasive wear of machine parts. Youth and Industry 4.0 in the XXI Century: A Collection of Materials of the XX International Youth Forum*. Kharkiv. DBTU. P. 142.

10. Rybalko I.M., Tikhonov O.V., Ryzhkov R.S. (2024). *Heat Generation on the Friction Surface in an Abrasive Medium. Intelligent Transport Technologies: Abstracts of the 5th International Scientific and Technical Conference*. Kharkiv. November 25–27, Kharkiv. UkrDUZT. P. 316–319.

11. Skoblo T.S., Rybalko I.N., Tihonov A.V., Maltsev T.V. (2019). *Improving the wear resistance of hoeblades by modify ingofrestoration coatings. Problems of Tribology*. Vol. 94 (4). P. 27–31. <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2019-94-4-27-32>.

12. Skoblo T.S., Nanka O.V., Saichuk O.V., Rybalko I.M., Markov O.V. (2021). *Modification in the restoration of products by surfacing using detonation charge*. *Industry in*

focus. Kharkiv, №3 (99). P. 53–56.

13. Rybalko I.M., Tikhonov O.V., Gobysh V.S. (2022). Increasing the wear resistance of parts by introducing modifiers of clays of Ukrainian deposits into surfacing operations. Modern engineering of agro-industrial and food production: materials of the international scientific and practical conference. November 24-25, Kharkiv. P. 355–357.

14. Skoblo T.S., Tikhonov O.V., Rybalko I.M. (2019). Use of dispersed impurities of secondary raw materials in the restoration of machine parts. Industry in focus. Kharkiv. №12 (84). P. 55–57.

15. Skoblo T.S., Sidashenko A.I., Rybalko I.N., Markov A.V. (2017). Application of modifying additives for the restoration of machine parts. Design, production and operation of agricultural machinery. Kropyvnytskyi: CSTU. Vol. 47, part I. P. 229–240.