

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора Тимофеевої Ларіси Андріївни на дисертаційну роботу Захарова Андрія Вадимовича на тему «Застосування модифікуючих присадок та їх введення у відновлювальні покриття для підвищення експлуатаційної стійкості», поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство»

Актуальність теми дослідження. В умовах сучасної інтенсифікації аграрного виробництва та посилення зносу машин і механізмів, проблема відновлення деталей сільськогосподарської техніки набуває особливої актуальності. Робочі органи машин щодня піддаються інтенсивному абразивному, динамічному та ударному навантаженню, що зумовлює швидке зношування, втрату експлуатаційних властивостей і зростання затрат на технічне обслуговування.

Одним з перспективних підходів до продовження ресурсу деталей є застосування технологій наплавлення з керованим структуроутворенням. У цьому контексті електрошлакове наплавлення (ЕШН), особливо з використанням порошкових дротів, які містять модифікуючі присадки, відкриває нові можливості для підвищення твердості, зносостійкості, тріщиностійкості та інших критичних показників.

Вибір теми дисертації зумовлений не лише техніко-економічною доцільністю впровадження нових підходів до відновлення зношених деталей, але й науковою потребою дослідити механізми впливу різних модифікуючих компонентів на структуру та властивості наплавлених покриттів. Додаткову актуальність дослідження підсилює й те, що автор враховує комплексне поєднання теоретичного обґрунтування, експериментального моделювання та польової верифікації результатів.

Застосування результатів дисертаційної роботи здатне суттєво знизити частоту виходу з ладу робочих органів техніки, зменшити обсяги витратних матеріалів, скоротити простой, підвищити продуктивність та економічну стабільність агропідприємств. Отже, дисертація виконує важливу прикладну

функцію у вирішенні однієї з нагальних проблем сучасного сільського господарства та машинобудування.

2. Зв'язок роботи з науковими програми, темами, планами. Дисертаційна робота Захарова А.В. не є ізольованим дослідженням, а виконана в межах узгоджених напрямів наукових розробок кафедри, наукової школи та галузевих пріоритетів. Вона безпосередньо пов'язана з рядом держбюджетних і госпдоговірних тем, що реалізовувались у Державному біотехнологічному університеті протягом 2020–2024 років.

Зокрема, у межах теми ДР № 0120U002209 автор вивчав нові технологічні підходи до наплавлення із використанням вторинної сировини, що цілком співвідноситься із завданнями дослідження. Теми ДР № 0121U111046 та № 0123U104561 були зосереджені на випробуваннях нових технологій зміцнення саме робочих органів ґрунтообробної техніки – тобто об'єктів, які стали основою дисертаційного дослідження. В межах теми ДР № 0122U200394 вивчалися технологічні аспекти виготовлення та ремонту машинобудівних елементів, де автор узагальнив й адаптував експериментальні дані.

Ці теми, затверджені в офіційних планах МОН України, відповідають пріоритетним напрямам науково-технічного розвитку, визначеним законом «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки». Це свідчить про повну інтеграцію дослідження у загальнодержавні стратегічні напрями, а також про його відповідність сучасним науковим та інженерним викликам.

Більше того, матеріали дисертації були використані у навчальному процесі, під час виконання дипломних проєктів та у межах виконання наукових грантів, що засвідчує міжрівневу інтеграцію дослідження в освітнє і прикладне середовище.

3. Наукова новизна одержаних результатів У дисертаційній роботі Захарова Андрія Вадимовича отримано наукові результати, що мають істотний ступінь новизни в межах спеціальності 132 – «Матеріалознавство» і напряму підвищення ресурсу деталей, які працюють в умовах абразивного зношування. Новизна чітко визначена автором і підтверджується в розділі «Наукова новизна отриманих результатів» дисертації.

Вперше:

- Проведено теоретичне й практичне обґрунтування доцільності застосування модифікаторів на основі карбідів хрому, ніобію та оксиду алюмінію у складі порошкових дротів для електрошлакового наплавлення. Автор показав, що ці присадки відіграють активну роль у керованому структуроутворенні й зміцненні наплавленого шару, зокрема через утворення твердих фаз (боридів, карбідів) і сприяння дрібнозернистій структурі.

- Встановлено закономірності впливу гранулометричного складу та рівномірного розподілу модифікуючих компонентів, а також температурних параметрів процесу на фазовий склад, механічні властивості та експлуатаційну стійкість покриттів. Виявлено, що збалансоване поєднання цих чинників дає змогу досягти стабільних характеристик зносостійкості при мінімізації дефектів наплавленого шару.

- Експериментально доведено, що застосування модифікованих порошкових дротів забезпечує підвищення твердості наплавленого шару на 15–20%, а зносостійкості – на 30–40% порівняно з традиційними методами відновлення деталей. Це підтверджено комплексними лабораторними дослідженнями, включаючи металографічний, твердометричний та рентгенофазовий аналізи, а також польовими випробуваннями робочих органів техніки в реальних умовах експлуатації.

- Визначено раціональні технологічні параметри електрошлакового наплавлення (напруга, сила струму, швидкість подачі електрода), що дозволяють уникати утворення дефектів, таких як залишкові напруження, пори та мікротріщини, та забезпечують рівномірне зміцнення поверхні.

Удосконалено:

- Методи контролю якості покриттів, які включають системний аналіз мікроструктури, фазового складу та експлуатаційних властивостей. Запропоновано комбінацію металографічного аналізу з випробуваннями на твердість, зносостійкість, термостійкість і стабільність мікроструктури, що дозволяє комплексно оцінити якість отриманих покриттів.

- Оптико-математичну модель, що поєднує візуальну діагностику та статистичну обробку даних, для кількісного оцінювання впливу модифікуючих присадок на структуру покриттів. Ця модель застосовувалась для оцінки рівномірності розподілу зерен та характеру фазових перетворень під час наплавлення.

Сукупність зазначених результатів:

- Розширює наукові уявлення про вплив модифікуючих присадок на формування структури і властивостей наплавлених металів у системах з електрошлаковим перенесенням.
- Дас підґрунтя для подальших досліджень у напрямку адаптивного наплавлення залежно від конкретних умов експлуатації та навантажень.
- Має значний потенціал для впровадження в практику ремонту та відновлення деталей сільськогосподарської, гірничої та транспортної техніки.

Таким чином, наукова новизна дисертації підтверджується сформульованими в ній новими положеннями, які вирішують актуальні науково-прикладні завдання й мають теоретичне та практичне значення для галузі матеріалознавства.

4. Теоретичне і практичне значення результатів дослідження.

Теоретичне значення полягає у встановленні закономірностей впливу модифікуючих присадок (карбідів хрому, ніобію, оксиду алюмінію) на формування мікроструктури, фазового складу, твердості та зносостійкості наплавлених покриттів. Автором вперше обґрунтовано механізми дії цих присадок у процесі електрошлакового наплавлення, зокрема їх роль у ініціюванні дрібнозернистої структури та утворенні зміцнювальних фаз.

Запропонована оптико-математична модель дозволяє кількісно оцінювати мікроструктурні параметри та прогнозувати експлуатаційні властивості покриттів ще на етапі їх формування. Теоретичні положення дисертації створюють основу для подальших досліджень у напрямку адаптивного керування технологіями зміцнення поверхонь.

Практичне значення полягає у створенні ефективної технології електрошлакового наплавлення з використанням розроблених порошкових дротів. Запропоновані технічні рішення забезпечують стабільне формування покриттів із

підвищеними експлуатаційними характеристиками: зростання твердості на 15–20%, зносостійкості — до 40% у порівнянні з базовими зразками.

Технологія пройшла апробацію в умовах господарства «Калинове-7» та підтвердила свою ефективність при відновленні культиваторних лап і плужних лемішів. За результатами польових випробувань зафіксовано подовження ресурсу деталей, зменшення витрат на ремонт і обслуговування техніки. Розробка є придатною до впровадження в інших галузях — машинобудуванні, гірничій та транспортній — де потрібна висока зносостійкість деталей.

Таким чином, результати дослідження мають вагоме як теоретичне, так і прикладне значення, що підтверджується успішною апробацією та готовністю до практичного впровадження.

5. Повнота викладення у відкритому друку та апробація наукових положень дисертації. Основні результати дослідження опубліковано 31 наукова праця, з них 12 статей у фахових виданнях України, 4 статті у міжнародних журналах, 1 колективна монографія, 2 патенти України на корисну модель, 12 тез доповідей на конференціях.

6. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі Захарова Андрія Вадимовича, є обґрунтованими, логічно послідовними та достовірними. Їхня вірогідність підтверджується комплексним застосуванням сучасних методів дослідження, повнотою експериментальної перевірки та незалежною апробацією результатів.

Автором розроблено чітку експериментальну програму, яка охоплює:

- виготовлення порошкових дротів із модифікуючими присадками;
- електрошлакове наплавлення в реалістичних виробничих умовах;
- металографічний аналіз;
- випробування на твердість, зносостійкість, термостійкість, динамічну міцність;
- польові випробування деталей у реальному аграрному середовищі.

Отримані результати не лише кількісно представлені, а й супроводжуються поясненнями щодо впливу хімічного складу присадок і параметрів наплавлення на структуру та властивості покриттів. Це забезпечує високу наукову та практичну переконливість роботи.

Особливістю є застосування оптико-математичного моделювання, яке дозволяє прогнозувати зносостійкість за морфологією мікроструктури. Це свідчить про інтеграцію класичних і цифрових методів аналізу та посилює обґрунтованість висновків.

Дисертація містить конкретні рекомендації щодо складу порошкових дротів, режимів наплавлення та сфери застосування технології, які оформлено у вигляді таблиць, діаграм і технологічних карт. Вони є логічним результатом аналізу експериментів і підтверджують наукову обґрунтованість положень і висновків.

Достовірність підтверджується також:

- проведенням польових випробувань модифікованих деталей, де зареєстровано зниження зношування та збільшення ресурсу до 40% порівняно з немодифікованими зразками;
- наявністю 31 публікації, серед яких: 12 — у фахових виданнях України, 4 — у міжнародних виданнях, 1 — колективна монографія, 2 — патенти України, а також 12 тез доповідей на конференціях, що засвідчує зовнішню верифікацію результатів дослідження та їх апробацію в науковій спільноті.

Таким чином, усі основні наукові результати, висновки та практичні рекомендації дисертації ґрунтуються на ретельно організованих і багатоаспектно перевірених дослідженнях, що забезпечує їх високу достовірність і цінність для науки та виробництва.

7. Структура та зміст дисертації, її завершеність та відповідність встановленим вимогам щодо оформлення.

Дисертаційна робота має чітко вибудовану структуру, що повністю відповідає вимогам до наукових кваліфікаційних праць на здобуття ступеня доктора філософії. Загальний обсяг дисертації становить 276 сторінок, з яких 213 — основний текст. У роботі представлено 91 рисунок, 40 таблиць, 25 сторінок списку

використаних джерел (197 позицій) та 37 сторінок додатків. Дисертація містить усі обов'язкові структурні елементи: вступ, п'ять розділів основної частини, висновки, список використаних джерел та додатки.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт і предмет, методи дослідження, наукову новизну, практичне значення роботи, особистий внесок автора, апробацію результатів та структуру дисертації. Вступ чітко сформульований, відповідає логіці наукового дослідження та готує читача до сприйняття основного змісту.

Розділ 1. Аналіз сучасного стану проблеми

У першому розділі проведено глибокий аналіз вітчизняних і зарубіжних джерел щодо методів наплавлення, модифікації металів, особливостей зносу деталей у сільськогосподарській техніці. Автор детально проаналізував вплив хімічного складу покриттів, мікроструктури та технологічних режимів на експлуатаційні характеристики деталей. Обґрунтовано доцільність застосування електрошлакового наплавлення та використання порошкових дротів із модифікуючими присадками. Розділ завершено формулюванням основних напрямів подальшого дослідження та постановкою наукового завдання, що базується на критичному узагальненні літературних джерел.

Розділ 2. Методика проведення досліджень

У другому розділі представлено повний опис об'єктів, матеріалів, обладнання та методів дослідження. Розкрито склад модифікуючих компонентів порошкових дротів, режими електрошлакового наплавлення, методи аналізу структури й властивостей покриттів. Запропоновано підхід до побудови оптико-математичної моделі для аналізу морфології мікроструктури. Також подано порядок польових випробувань на техніці в умовах аграрного підприємства. Методика охоплює всі етапи дослідження — від підготовки зразків до експлуатаційного тестування, що свідчить про її повноту та практичну орієнтованість.

Розділ 3. Дослідження впливу модифікуючих присадок на структуру та властивості покриттів

Третій розділ присвячено експериментальній частині дослідження. Автор на основі серії наплавлень дослідив зміну структури, мікротвердості, зносостійкості, фазового складу при різних поєднаннях модифікуючих присадок. Подано результати металографічного аналізу, мікрофотографії структур, діаграми розподілу твердості та зносу. Встановлено оптимальні склади, що забезпечують найкращі експлуатаційні характеристики. Розділ містить глибокий аналітичний блок із висновками щодо механізмів впливу кожної присадки на формування структури покриття.

Розділ 4. Оцінка ефективності покриттів у польових умовах

У четвертому розділі наведено результати випробувань культиваторних лап і лемішів, відновлених за розробленою технологією. Експлуатаційні дослідження проведено в умовах сільгоспвиробництва, включаючи обробіток важких ґрунтів. Подано результати зносу, втрати маси, зміни геометричних параметрів після експлуатації. Показано, що розроблені покриття забезпечують стабільність роботи та зниження темпів зношування на 30–40%. Оцінка ефективності включає також аналіз технічного стану деталей після завершення випробувань.

Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження

У п'ятому розділі проведено аналіз економічної доцільності використання запропонованої технології. Наведено розрахунки вартості виготовлення порошкових дротів, вартості процесу наплавлення, економії на ремонтах та простої техніки. Показано, що впровадження технології дає змогу зменшити витрати на ремонт і обслуговування до 30–40%, при збереженні або покращенні якості виконуваних робіт. Розділ містить порівняльні таблиці витрат і ефективності, які підтверджують рентабельність використання технології на практиці.

У загальних висновках чітко сформульовано основні результати, що логічно випливають із проведеного дослідження. Узагальнено ключові теоретичні положення, підтверджено досягнення поставленої мети та реалізацію завдань, підкреслено наукову новизну і практичну значущість розробленої технології.

Дисертаційна робота є завершеним, системним дослідженням. Її структура повністю відповідає вимогам до оформлення дисертацій на здобуття ступеня

доктора філософії: послідовність викладення, логіка побудови, обсяг і оформлення додаткових матеріалів свідчать про високий рівень підготовки. Використано державну мову, дотримано правил цитування, нумерації та ілюстрування. Зміст та оформлення дисертації підтверджують її відповідність чинним нормативам.

8. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

За результатами ґрунтовного вивчення рукопису дисертаційної роботи та опублікованих наукових праць автора, а також аналізу наданого автором звіту щодо перевірки тексту рукопису електронним сервісом, порушень академічної доброчесності не було встановлено. Використанні здобувачем окремі ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

9. Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

Незважаючи на загалом високий рівень виконання дисертаційної роботи, у ній можна виокремити кілька аспектів, які викликають певну наукову дискусію, або потребують уточнення, розширення чи подальшого розвитку.

1. У розділі 2.11 автором запропоновано оптико-математичну модель для прогнозування зносостійкості покриттів за морфологічними ознаками структури. Однак, чи враховував автор показники мікротвердості окремих фаз?

2. У роботі варто було б більш повно порівняти ефективність ЕШН з іншими методами поверхневого наплавлення.

3. Незрозуміла впливова роль окремих присадок, незважаючи на багатокомпонентність застосованих модифікуючих присадок (Cr_3C_2 , NbC , Al_2O_3).

4. У дисертації наведено результати експлуатаційних випробувань у господарстві «Калинове-7», що підтверджено актом випробувань. Однак обмежений масштаб польових випробувань. Незрозуміло, чи можливо використовувати цю технологію на інших об'єктах та в різних регіональних умовах для її поширення.

5. У розділі 5 подано техніко-економічну ефективність технології. Економічне обґрунтування потребує деталізації. Доцільно було б надати деталізовані розрахунки собівартості 1 кг порошкового дроту, вартості 1 операції наплавлення та терміну окупності технології.

6. Не зовсім зрозуміло, яка роль флюсу у процесі формування структури.

Зазначені дискусійні положення не знижують наукової цінності дисертації Захарова А.В. Навпаки — вони відкривають перспективи для подальших досліджень, зокрема в напрямі розширення сфери застосування запропонованої технології, удосконалення математичних моделей прогнозування властивостей та оптимізації складів модифікуючих присадок і флюсів. З урахуванням викладеного, роботу слід визнати вагомим внеском у розвиток прикладного матеріалознавства.

10. Загальний висновок.

Дисертаційна робота Захарова А.В. на тему «Застосування модифікуючих присадок та їх введення у відновлювальні покриття для підвищення експлуатаційної стійкості», яка подана до захисту у спеціалізовану вчену раду на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство» за своїми актуальністю, науково-теоретичним та практичним рівнем, основними результатами обґрунтованості, основними положеннями і результатами опублікованими у фахових виданнях, новизною постановки та практичним значенням відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

«Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 507 від 03.05.2024, автор Захаров Андрій Вадимович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри

інженерії вагонів та якості покриттів

Українського державного університету

ДЕРЖАВНИЙ
ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

№01116472

Особистий підпис
засвідчую 06.08.2025 р.
Завідуючий канцелярією
УкрДУЗТ

Ларіса ТИМОФЕЄВА

Лариса ТИМОФЕЄВОЙ

Олег ЦЕЛОМБИТКО