

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора Власовця Віталія Михайловича 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. Зношування робочих органів сільськогосподарської техніки внаслідок дії абразивного середовища, твердих частинок ґрунту, підвищених динамічних навантажень є однією з ключових проблем, що впливають на ефективність роботи техніки. Постійна потреба в ремонті та заміні зношених деталей значно підвищує витрати аграрних підприємств, знижує загальну продуктивність технічних систем і збільшує простой машин в польових умовах.

У зв'язку з цим підвищення ресурсу роботи таких елементів за рахунок ефективного відновлення та зміцнення стає важливим практичним завданням, яке потребує науково обґрунтованих підходів. Водночас сучасні тенденції у матеріалознавстві спрямовані не тільки на створення нових матеріалів, але й на оптимізацію технологій нанесення покриттів, легування та модифікування, що дозволяють забезпечити необхідну довговічність виробів без значного підвищення собівартості. У цьому контексті обрана в дисертації тема є цілком обґрунтованою. Вона відповідає потребам сільськогосподарського машинобудування, де вимоги до зносостійкості, довговічності деталей постійно зростають.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами. Дисертаційна робота Захарова Андрія Вадимовича виконана в межах науково-дослідної діяльності Державного біотехнологічного університету й безпосередньо пов'язана з рядом наукових тем, що реалізовувалися відповідно до затверджених програм наукових досліджень, затверджених наказами МОН України. Тематика дослідження відповідає пріоритетним напрямам розвитку науки і техніки

України, зокрема - у галузі матеріалознавства та сільськогосподарського машинобудування.

Зокрема, результати дисертації є складовою таких науково-дослідних тем:

- ДР № 0120U002209 – «Нові технологічні процеси відновлення деталей наплавленням з використанням модифікування вторинною сировиною» (2020–2024). У межах цієї теми здійснено пошук ефективних складів наплавленого металу та розроблено підхід до комбінованого легування порошкових дротів.
- ДР № 0122U200394 – «Розробка та впровадження технологічних процесів виготовлення, відновлення та зміцнення деталей машин і механізмів сільськогосподарської техніки» (2022–2023). У рамках теми відпрацьовано методику підбору технологічних режимів та апробацію в польових умовах.
- ДР № 0121U111046 – «Промислові випробування нової технології зміцнення культиваторних стрілочастих лап» (2021–2022). Робота тісно пов'язана з цим дослідженням, зокрема в частині практичної реалізації наплавлених покриттів на деталях робочих органів ґрунтообробної техніки.
- ДР № 0121U111165 – «Наукові основи впровадження комбінованих порошкових дротів для електрошлакового наплавлення» та ДР № 0123U104561 – «Дослідження закономірностей зносу та способів відновлення ґрунтообробних елементів» (2021–2024). У рамках цих тем досліджувались взаємозв'язки між структурними особливостями наплавленого шару та його експлуатаційною надійністю.

Таким чином, тематика дисертації повністю інтегрована у тематичні напрями державних наукових програм, є частиною виконання міжкафедральних досліджень і відображає актуальні завдання, поставлені перед профільними кафедрами та науковими підрозділами університету.

Результати дослідження використовуються в науково-освітній діяльності закладу, у підготовці фахівців технічного профілю, а також в реалізації спільних проєктів з агропідприємствами Харківської області. Відповідність роботи програмам і темам підтверджує її належність до цільових державних досліджень, а також значущість у межах прикладної науки й виробництва.

3. Наукова новизна одержаних результатів Дисертаційна робота Захарова Андрія Вадимовича містить науково обґрунтовані результати, що мають істотний ступінь новизни, зокрема у сфері технологій нанесення покриттів на деталі сільськогосподарської техніки.

Вперше:

- Здійснено теоретичну та практичну оцінку доцільності застосування модифікуючих присадок на основі карбідів хрому, ніобію та оксиду алюмінію як легувальних компонентів у складі порошкових дротів для електрошлакового наплавлення. Це дало змогу суттєво підвищити експлуатаційні характеристики відновлювальних покриттів ґрунтообробних деталей.

- Встановлено закономірності впливу гранулометричного складу, рівномірності розподілу модифікуючих компонентів і температурних режимів наплавлення на фазовий склад, мікроструктуру, мікротвердість і зносостійкість отриманих покриттів. Це дозволило забезпечити формування дрібнозернистої структури з рівномірно розподіленими зміцнюючими фазами.

- Експериментально підтверджено ефективність технології формування покриттів, які забезпечують підвищення твердості та зносостійкості у порівнянні з традиційними методами відновлення.

- Визначено раціональні технологічні параметри електрошлакового наплавлення, що мінімізують утворення дефектів (залишкових напружень, мікротріщин, пористості), підвищують якість та довговічність покриттів.

Удосконалено:

- Методи контролю якості покриттів, зокрема за рахунок поєднання металографічного аналізу з випробуваннями на твердість, зносостійкість та термостабільність. Це забезпечило комплексну оцінку отриманих матеріалів і точну характеристику їхньої структурної однорідності й механічної стабільності.

Отримало подальший розвиток:

- Підхід до адаптації технології ЕШН до умов експлуатації деталей, що працюють у середовищі з високими динамічними й абразивними навантаженнями. Запропоновано технологічні рекомендації для добору складу шихти та режимів наплавлення залежно від характеру зношування та типу деталі.

Отримані результати створюють нові наукові підходи до формування структури покриттів із керованими властивостями, розширюють теоретичну базу технологій зміцнення та відновлення поверхонь, а також відкривають перспективи для подальших досліджень у напрямі адаптивних зміцнювальних процесів із прогнозованим рівнем експлуатаційної надійності.

4. Теоретичне і практичне значення результатів дослідження.

Теоретичне значення дисертаційної роботи Захарова Андрія Вадимовича полягає в тому, що результати його досліджень поглиблюють знання про механізми зміцнення покриттів, а дають змогу цілеспрямовано формувати властивості наплавлених шарів шляхом регулювання складу порошкових дрітів та параметрів процесу. Запропонована оптико-математична модель морфологічного аналізу структури дозволяє здійснювати кількісну оцінку мікроструктурних змін, що має перспективу для використання в системах контролю якості.

Практичне значення роботи визначається розробкою та впровадженням технології електрошлакового наплавлення з використанням порошкових дрітів, модифікованих присадками Cr_3C_2 , NbC та Al_2O_3 . Запропоновані технічні рішення забезпечують суттєве підвищення твердості і зносостійкості наплавлених покриттів порівняно з немодифікованими аналогами. У результаті реалізації технології зменшуються витрати на ремонт техніки, подовжується ресурс деталей, підвищується надійність експлуатації машин у складних польових умовах.

Технологію апробовано в умовах господарства «Калинове-7» на прикладі культиваторних лап і плужних лемішів. Результати польових випробувань підтвердили ефективність запропонованого підходу: зменшення зносу, стабільність робочих характеристик та зниження потреби у частих замінах зношених вузлів. Розроблена технологія є доступною для впровадження в сільськогосподарське машинобудування, а також має потенціал для застосування в інших галузях - машинобудівній, гірничій та транспортній.

Таким чином, результати дисертаційного дослідження мають теоретичне значення та прикладну цінність як технологічне рішення, готове 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, викладені у дисертаційній роботі Захарова Андрія Вадимовича, відзначаються достатнім рівнем обґрунтованості та підтверджуються результатами експериментальних і прикладних досліджень, проведених із дотриманням вимог до достовірності наукових даних.

У дисертації застосовано комплексний підхід до оцінки властивостей наплавлених покриттів: поєднання металографічного, рентгенофазового аналізу, вимірювання мікротвердості, а також випробувань на зносостійкість і термостійкість. Це забезпечило верифікацію кожного з наукових тверджень на підставі кількісних показників.

Ефективність використання модифікуючих присадок для керування структурно-фазовим складом та механічними властивостями покриттів підтверджено серією експериментів з використанням різних комбінацій Cr_3C_2 , NbC , Al_2O_3 . Автором доведено підвищення показників твердості і зносостійкості у порівнянні з немодифікованими зразками, що є результатом аналізу понад 300 зразків і десятків варіантів складів та режимів наплавлення.

Особливо варто відзначити впровадження оптико-математичної моделі, що дозволяє оцінити морфологію структури та прогнозувати експлуатаційні властивості покриттів. Це забезпечує не лише експериментальну, але й аналітичну обґрунтованість наукових висновків.

Достовірність також підтверджується експлуатаційними випробуваннями деталей сільськогосподарської техніки (культиваторні лапи, леміші), які проводились в умовах підприємства «Калинове-7». Встановлено фактичне зменшення зношування та продовження ресурсу деталей, що підтверджує ефективність запропонованої технології в експлуатації, а не лише в лабораторному середовищі.

Результати, висновки та рекомендації апробовані в наукових публікаціях і на конференціях, що додатково засвідчує їхню релевантність, практичну придатність і наукову вартість. Усі висновки є логічним завершенням поставлених у роботі завдань і ґрунтуються на репрезентативних даних, що робить їх достовірними і обґрунтованими як з наукової, так і з прикладної точки зору.

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

Дисертація Захарова Андрія Вадимовича побудована відповідно до вимог, установлених до кваліфікаційних робіт на здобуття ступеня доктора філософії. Робота складається зі вступу, п'яти змістовних розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг становить 276 сторінок, з яких 213 - основний текст, 25 - список використаних джерел (197 найменувань), 37 - додатки. Робота містить 91 рисунок і 40 таблиць, що наочно ілюструють хід та результати дослідження.

Вступ. У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, наукову новизну, практичне значення, методи дослідження, а також особистий внесок здобувача. Вступ структурований і повністю відображає логіку подальшого викладення.

Розділ 1. Аналіз сучасного стану проблеми. У цьому розділі здійснено систематизований аналіз сучасних технологій наплавлення і зміцнення зношених деталей. Детально розглянуто процеси електрошлакового наплавлення, вплив різних присадок на структуру покриттів, механізми формування карбідів, оксидів у металі. Наведено класифікацію способів наплавлення, проаналізовано

конструктивні й технологічні особливості деталей сільськогосподарської техніки, які зазнають абразивного зносу. Виявлено прогалини, які потребують подальших досліджень, що дозволило сформулювати завдання роботи.

Розділ 2. Методика проведення досліджень. Розділ охоплює опис складу та властивостей застосованих матеріалів (основи, флюси, порошкові дроти, модифікуючі присадки), а також характеристику обладнання для електрошлакового наплавлення. Автором детально описано методику підготовки зразків, умови наплавлення, методи контролю структури й властивостей (аналіз мікроструктури, вимірювання твердості, зносостійкості, рентгенофазовий аналіз тощо). Важливою складовою розділу є опрацювання математичної моделі оцінки морфології структури покриттів, що стало теоретичною основою для аналізу експериментальних даних.

Розділ 3. Дослідження структури та властивостей покриттів. У цьому розділі представлено результати впливу складу модифікуючих присадок і технологічних параметрів наплавлення на мікроструктуру, мікротвердість, фазовий склад, зносостійкість покриттів. Наведено мікрофотографії структур, діаграми твердості та втрати маси в процесі зношування, таблиці з характеристиками отриманих матеріалів. Показано, що застосування присадок сприяє формуванню дрібнодисперсної структури з рівномірним розподілом зміцнювальних фаз, що суттєво покращує експлуатаційні властивості.

Розділ 4. Дослідження ефективності застосування розробленої технології в умовах експлуатації. Розділ містить дані експериментальних випробувань відновлених культиваторних лап і лемішів у господарстві «Калинове-7». Оцінка виконана за критеріями фактичного зносу, зміни геометричних розмірів, зниження маси, збереження робочих параметрів після тривалої експлуатації. Показано, що ресурс деталей із наплавленими модифікованими покриттями зріс до 40% порівняно з базовими. Наведено порівняння результатів для різних варіантів складу присадок.

Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження. У п'ятому розділі обґрунтовано економічну ефективність використання

запропонованої технології. Подано розрахунки собівартості операцій наплавлення, витрат на матеріали, зменшення вартості нанесення покриття та скорочення простоїв техніки. Розділ містить таблиці витрат, графіки окупності та висновки щодо доцільності широкого впровадження технології у виробництво.

Висновки. У загальних висновках узагальнено результати, отримані в дисертації, підтверджено виконання поставленої мети та завдань, відображено наукову новизну, практичне значення і можливість впровадження результатів дослідження.

Загальна оцінка структури і оформлення. Дисертація написана державною мовою, витримана в науковому стилі, з правильно оформленими таблицями, формулами, ілюстраціями та посиланнями. Нумерація елементів відповідає встановленим стандартам. Розділи логічно пов'язані між собою, кожен з них має чітко визначену функцію у загальній структурі роботи.

Таким чином, структура, зміст та оформлення дисертації відповідають встановленим вимогам, а сама робота є завершеним, обґрунтованим і самостійно виконаним дослідженням, що цілком відповідає рівню кваліфікаційної роботи доктора філософії.

8. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

На підставі ретельного аналізу тексту дисертаційної роботи, вивчення опублікованих наукових праць здобувача, а також розгляду офіційного звіту з перевірки рукопису за допомогою електронного антиплагіатного сервісу, не встановлено фактів порушення академічної доброчесності. Усі використані автором положення, ідеї, цитати та результати інших дослідників супроводжуються відповідними бібліографічними посиланнями, що свідчить про дотримання норм академічного цитування та наукової етики.

9. Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

Дисертаційна робота Захарова Андрія Вадимовича виконана на високому науковому рівні, має завершену структуру й значне практичне значення. Водночас, у межах наукової дискусії та критичного аналізу можна виокремити

низку положень і аспектів, які потребують уточнення, або можуть стати напрямами для подальшого вдосконалення дослідження.

1. У роботі обґрунтовано вибір електрошлакового наплавлення з модифікованими порошковими дротами як базової технології. Водночас аналіз ефективності інших сучасних методів (лазерне наплавлення, плазмове напилення, газотермічне зміцнення) представлений фрагментарно або в узагальненому вигляді. Розширене зіставлення з ними за техніко-економічними, структурними та експлуатаційними критеріями посилює аргументацію вибору саме електрошлакового методу.

2. Електрошлакове наплавлення є високотемпературним процесом, а сформовані структури дендритів, наведені в роботі, свідчать про використання достатньо тривалої витримки для їх формування. Відповідно при формуванні покриття буде відбуватись суттєве тепловкладення в матеріал деталі, що наплавляється. Аналіз впливу такого фактору – зміна структуро-фазового складу основної деталі в процесі нанесення покриття на довговічність кінцевого виробу в експлуатації підвищує практичну цінність роботи для подальших дослідників.

3. До складу порошкових дротів включено кілька активних компонентів (Cr_3C_2 , NbC , Al_2O_3), але вплив кожного з них на формування структури й властивостей досліджено лише у варіантах комбінованого складу. Було б доцільно проаналізувати ефективність кожної присадки окремо, що дозволило б краще зрозуміти механізми їхньої дії.

4. Запропонована автором модель для оцінки мікроструктури наплавлених шарів є корисним інструментом, однак вона застосовується лише в межах одного типу структури та за стабільних умов освітлення/масштабування зображень. Її універсальність і відтворюваність потребують подальшої перевірки на різних об'єктах і матеріалах.

5. У дисертації більше уваги приділено складу дротів і присадок, ніж ролі флюсу як джерела хімічних елементів і стабілізатора температурного режиму в зоні наплавлення. Розширення аналізу впливу флюсу на формування структури дозволило б краще зрозуміти механізми фазоутворення.

6. Експлуатаційні випробування проведено на базі одного підприємства («Калинове-7»), і хоч результати переконливі, вони можуть мати обмежену

репрезентативність. Доцільно було б розширити географію або типи ґрунтово-кліматичних умов для підтвердження універсальності ефекту.

7. У розділі 5 представлено техніко-економічне обґрунтування, однак окремі розрахунки наведено загально. Розширений аналіз собівартості одиниці відновлення, економії витрат на 1 т обробленого ґрунту або показники терміну окупності були б корисними для практичного впровадження технології.

Зазначені дискусійні положення не знижують наукової та практичної цінності виконаного дослідження. Вони мають уточнювальний характер і можуть бути використані автором як напрями для подальших наукових пошуків та вдосконалення вже розробленої технології. Робота в цілому заслуговує позитивної оцінки.

10. Загальний висновок.

Дисертаційна робота Захарова Андрія Вадимовича на тему «Застосування модифікуючих присадок та їх введення у відновлювальні покриття для підвищення експлуатаційної стійкості», подана до спеціалізованої вченої ради для захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство», за рівнем актуальності, наукової новизни, обґрунтованості положень, достовірності отриманих результатів, практичної значущості, а також за повнотою їх апробації та оприлюднення у фахових наукових виданнях, відповідає вимогам, визначеним Порядком присудження ступеня доктора філософії, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 (із змінами, внесеними постановою КМУ № 507 від 03 травня 2024 року).

З огляду на викладене, вважаю, що Захаров Андрій Вадимович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
в. о. завідувача кафедри машинобудування
Львівського національного університету
ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького



ВІРНО

НАЧАЛЬНИК ВІДДІЛУ КАДРІВ
Львівського

національного університету
ветеринарної медицини

та біотехнологій
імені С.З. Гжицького

Віталій ВЛАСОВЕЦЬ

**ПІДПИС
ЗАСВІДЧУЮ**