

РЕЦЕНЗІЯ

Купчука Ігоря Миколайовича,

кандидата технічних наук, доцента

на дисертаційну роботу **Телятник Інни Анатоліївни**

**«Дослідження деформаційного зміцнення робочих поверхонь
грунтообробних машин гідроімпульсним навантаженням»,**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 132 Матеріалознавство

1. Актуальність теми. Актуальність дослідження зумовлено сучасними тенденціями розвитку машинобудування, які передбачають не лише підвищення надійності та довговічності деталей машин, а й максимальне використання їх залишкового ресурсу шляхом ефективних технологій відновлення. З матеріалознавчої точки зору відновлення деталей є складним процесом повторного формування властивостей матеріалу, оскільки поверхневі шари, що зазнали експлуатаційного зношування, характеризуються деградованим структурно-дефектним станом, підвищеною неоднорідністю мікроструктури та наявністю залишкових напружень розтягнення.

Для відновлення працездатності таких деталей необхідні методи, які забезпечують цілеспрямовану перебудову поверхневого шару без істотного теплового впливу та фазових перетворень у матеріалі основи. Одним із найбільш перспективних матеріалознавчих підходів у цьому контексті є поверхнева пластична деформація, яка дозволяє реалізувати вторинне деформаційне зміцнення за рахунок повторного формування дефектної підсистеми кристалічної ґратки у зоні зношування.

У процесі поверхневої пластичної деформації відновлюваних деталей у поверхневому шарі інтенсивно генеруються лінійні та гвинтові дислокації, точкові дефекти та їхні скупчення, що супроводжується перебудовою мікроструктури полікристалічних сплавів. Пластична деформація спричиняє витягування та розорієнтацію зерен, формування деформаційної текстури та

різке зростання густини дефектів, що призводить до підвищення твердості, формування сприятливого поля залишкових напружень стиску та зростання опору подальшому зношуванню.

Особливої актуальності набуває застосування імпульсних методів навантаження у технологіях відновлення, оскільки вони дозволяють локалізувати пластичну деформацію в зоні експлуатаційного пошкодження, керувати впливом на глибину наклепу та уникати надмірного термічного впливу, який може призводити до відпуску, рекристалізації або деградації структури матеріалу основи. У цьому контексті гідроімпульсне навантаження відкриває можливості формування оптимального напружено-деформованого стану поверхневого шару при відновленні деталей без зміни їх геометрії та фазового складу.

Таким чином, дослідження закономірностей відновлення дефектно-структурного стану матеріалів шляхом поверхнево-пластичної деформації, реалізованої імпульсними методами навантаження, є актуальним матеріалознавчим завданням, спрямованим на наукове обґрунтування технологій продовження ресурсу та повторного використання деталей машин.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження, що складають основу дисертації роботи виконано у Вінницькому національному аграрному університеті. Основну частину одержаних результатів отримано в рамках виконання ініціативної науково-дослідної роботи на інженерно-технологічному факультеті «Створення та застосування нових технологій пластичного формозмінення з використанням прогресивних методів дослідження механіки деформування для отримання деталей з покращеними експлуатаційними характеристиками» (№ 0122U002097, термін виконання 03.2022 р. – 03. 2026 р.)

3. Аналіз змісту дисертації. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального науково-прикладного завдання підвищення зносостійкості робочих поверхонь органів ґрунтообробних сільськогосподарських машин шляхом поверхнево-пластичної

деформації із застосуванням гідроімпульсного навантаження. Обрана тематика відповідає сучасним тенденціям розвитку матеріалознавства та машинобудування, зокрема у частині продовження ресурсу деталей і підвищення їх експлуатаційної надійності.

Спрямованість дисертаційної роботи свідчить про цілеспрямоване вирішення проблеми підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробної техніки методом деформаційного зміцнення. При цьому автором встановлено кількісний взаємозв'язок між енергетичними параметрами гідроімпульсного удару, геометрією контактної взаємодії та характеристиками деформованої зони поверхневого шару матеріалу, що забезпечує наукову обґрунтованість запропонованого підходу.

Об'єктом дослідження є процес поверхнево-пластичного деформування робочих поверхонь виконавчих елементів ґрунтообробної техніки в умовах гідроімпульсного навантаження.

Предмет дослідження охоплює закономірності формування напружено-деформованого та структурного стану поверхневого шару матеріалу при відновленні та зміцненні деталей.

Дисертаційна робота має логічну та завершену структуру і складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 189 сторінок, у тому числі 15 сторінок додатків. Основний текст викладено на 125 сторінках і містить 66 рисунків та 9 таблиць. Список використаних джерел налічує 116 найменувань і поданий на 13 сторінках, що свідчить про достатній рівень опрацювання наукових і прикладних джерел за тематикою дослідження.

Основні завдання дисертаційної роботи спрямовані на підвищення зносостійкості робочих поверхонь органів ґрунтообробних сільськогосподарських машин шляхом розробки науково обґрунтованої технології поверхнево-пластичної деформації із застосуванням гідроімпульсного навантаження. Сформульовані в роботі наукові положення, висновки та практичні рекомендації є логічно обґрунтованими, базуються на

результатах теоретичних і експериментальних досліджень та підтверджуються виробничими випробуваннями.

4. Наукова новизна і теоретичне значення дисертації.

До найбільш суттєвих і науково нових результатів дисертаційної роботи належать вперше: встановлені закономірності розподілу пластичної деформації у поверхневому шарі конструкційних сталей за умов гідроімпульсного навантаження, що дозволяє визначати граничну глибину наклепаної зони та характер її зміни залежно від енергетичних і геометричних параметрів ударного впливу; розроблена математична модель циклу роботи гідроімпульсного пристрою, що забезпечує прогнозування ефективності процесу поверхнево-пластичної деформації та визначення енергії деформівної зони оброблювальної поверхні. Наукову новизну дисертаційної роботи також становить те, що подальшого розвитку набули: підхід до оцінювання ефективності процесу поверхнево-пластичної деформації, який ґрунтується на врахуванні енергетичних параметрів гідроімпульсного удару та геометрії контактної взаємодії і дає змогу кількісно пов'язати енергію навантаження з характеристиками деформованої зони поверхневого шару матеріалу; експериментально-аналітичний підхід до дослідження процесів деформаційного зміцнення, що поєднує модельні уявлення з експериментальними даними щодо розподілу пластичної деформації за глибиною поверхневого шару та забезпечує більш обґрунтоване пояснення механізмів формування зміцненого стану при відновленні деталей.

Вважаю наукові результати, отримані здобувачкою, вагомим внеском у розвиток теоретичного та експериментального обґрунтування процесів поверхнево-пластичної деформації з гідроімпульсним навантаженням і встановлення кількісного зв'язку між енергією впливу та характеристиками деформованої зони поверхневого шару.

5. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання.

Отримані у дисертаційній роботі результати теоретичних і експериментальних досліджень процесів поверхнево-пластичної деформації за умов гідроімпульсного навантаження впроваджені в освітній процес

Вінницького національного аграрного університету та використовуються при викладанні дисциплін інженерно-технологічного профілю «Надійність і ремонт машин», «Трактори і автомобілі», «Сільськогосподарські машини».

Розроблені на основі результатів досліджень конструктивні та технологічні рішення оформлені у вигляді конструкторської і технологічної документації та передані підприємству ТОВ «Агромаш-Калина» (м. Калинівка, Вінницька область) для виготовлення дослідних зразків гідроімпульсного пристрою, їх апробації у виробничих умовах та оцінювання можливостей подальшого впровадження технології деформаційного зміцнення.

Запропоновані методичні підходи до оцінювання ефективності деформаційного зміцнення та рекомендації щодо вибору енергетичних параметрів гідроімпульсного впливу використані у виробничій діяльності ТОВ «АБА «АСТРА» (с. Якушинці, Вінницька область) під час виконання робіт із відновлення та підвищення зносостійкості деталей машин сільськогосподарського призначення.

Практичне застосування отриманих результатів сприяло підвищенню стабільності технологічного процесу обробки та забезпечило більш керований характер формування властивостей поверхневого шару, що позитивно вплинуло на відтворюваність ресурсу відновлених деталей.

Дисертаційна робота виконана з дотриманням принципів і правил академічної доброчесності, що підтверджується коректним оформленням матеріалу, належним посиланням на використані джерела, відсутністю порушень авторського права та дотриманням етичних норм у процесі проведення досліджень. За результатами перевірки на наявність текстових запозичень, показник унікальності становить 87,38%, що свідчить про оригінальність авторського внеску.

6. Апробація результатів дисертації.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 21 наукових працях: 7 статей у наукових фахових виданнях України (категорії Б); 1 – у фахових виданнях інших держав та 1 – у наукових журналах, що входять до

міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science Core Collection; 12 тез доповідей у збірниках матеріалів наукових конференцій.

Основні положення та результати роботи успішно пройшли апробацію на науково-технічних конференціях та отримали позитивні відгуки: XXIII Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми землеробської механіки» присвячена 122-річниці з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка. Київ-Житомир. 16 – 18 жовтня 2022 р; Всеукраїнська науково-практична конференція «Інноваційні процеси агропромислової інженерії в умовах сталого розвитку: проблеми та перспективи». Вінниця. 20 – 21 жовтня 2022 року; II Міжнародна науково-практична інтернет-конференції «Scientific research and innovation». Дніпро. 03-04 квітня 2023 року; IX Міжнародна науково-практична конференція «Теоретичні і експериментальні дослідження в сучасних технологіях матеріалознавства та машинобудування». Луцьк. 30 травня – 01 червня 2023 року; III Міжнародна науково-технічна конференція «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту». Вінниця. 01 – 03 червня 2023 року; XXIV Міжнародна наукова конференція «Сучасні проблеми землеробської механіки» присвячена 123-й річниці з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка і 125-річчя з дня заснування кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки імені академіка П. М. Василенка. Київ - Голосієво. 17 – 19 жовтня 2023 р; XV Міжнародна науково-практична інтернет-конференції «Modern Movement of Science». Дніпро. 19 – 20 жовтня 2023 року; Всеукраїнська науково-практична конференція «Інноваційні підходи агропромислової інженерії у контексті євроінтеграції». Вінниця. 19-20 жовтня 2023 року; I Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Nuclear Potential and Possible Threats to the Modern World». Дніпро. 26 – 27 жовтня 2023 року; II Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Achievements of 21st Century Scientific Community». Дніпро. 16 – 17 вересня 2024 року; XVI Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Modern Movement of Science». Дніпро. 14 – 15 жовтня 2024 року; Всеукраїнська науково-практична конференція «Інноваційні підходи

агропромислової інженерії в контексті глобальних викликів». Вінниця. 17-18 жовтня 2024 р; Всеукраїнська науково-практична конференція «Сталий розвиток України в умовах європейської інтеграції: сучасний стан, шлях відновлення та перспективи». Вінниця. 15-16 травня 2025 р; Всеукраїнська науково-практична конференція «Інноваційні підходи агропромислової інженерії: проблеми та перспективи». Вінниця. 30-31 жовтня 2025 року.

7. Зауваження та рекомендації до дисертаційної роботи.

1. У вступі зазначено, що «одним із способів підвищення втомної міцності і зносостійкості деталей є наклеп поверхневого шару робочих поверхонь», а також наголошено на доцільності застосування гідравлічних пристроїв для реалізації поверхнево-пластичної деформації. Разом із тим, наукова проблема та суперечність між можливостями традиційних методів ППД і вимогами до керованого локального імпульсного впливу сформульовані не досить чітко, що дещо знижує рівень проблемності вступної частини.

2. Формулювання мети і завдань дослідження загалом відповідає тематиці дисертаційної роботи, однак окремі завдання мають узагальнений характер. Зокрема, завдання «дослідити формозміну структури полікристалічних матеріалів при деформації» не конкретизує, які саме структурні параметри (глибина наклепу, мікротвердість, характер деформованої зони) є предметом аналізу.

3. У підрозділі 1.1 «Аналіз зношення робочих органів ґрунтообробних машин» наведено ґрунтовний опис типових дефектів (затуплення, спрацювання носка, формування фасок), однак зв'язок між встановленими механізмами зношування та вибором параметрів поверхнево-пластичної деформації (глибина впливу, енергія імпульсу) простежується не безпосередньо.

4. У підрозділах 1.3 і 1.4, де зазначається, що «утворюються сприятливі залишкові напруги стиску та формується дрібнозерниста структура», фізичні механізми деформаційного наклепу викладені досить розгорнуто. Частина цих пояснень має повторюваний характер, що дещо ускладнює сприйняття матеріалу.

5. У підрозділі 2.1 «Функціонування та вимоги до гідроімпульсного приводу» вимоги до приводу (жорсткість гідросистеми, стабільність амплітудно-частотних характеристик) сформульовані переважно в якісній формі. Їх подальша формалізація могла б підвищити інженерну наочність розділу.

6. Підрозділ 2.4 «Вплив геометричної форми ударника на формозміну локальних зон зміцнення» за змістом тісно пов'язаний з експериментальними дослідженнями, тому його розміщення у другому розділі дещо порушує логіку поділу теоретичної та експериментальної частин.

7. У розділі 3, де використовується в'язкопружна модель типу Кельвіна–Фойгта, не чітко акцентовано, які елементи математичного опису є авторськими, а які ґрунтуються на відомих реологічних підходах.

8. У підрозділах 4.1-4.2 методика експериментальних досліджень викладена достатньо детально, однак кількість повторів і статистичні показники результатів могли б бути подані більш розгорнуто.

9. У підрозділі 4.4 «Дослідження теплового циклу...» зазначено, що нагрів поверхні до 350 °С «не призводить до зміни фізичного стану матеріалу», однак вплив теплових ефектів на зносостійкість не подано у кількісній формі.

10. У «Загальних висновках» кількісні результати (підвищення твердості на 37–46 %, збільшення ресурсу до 43 %) могли б бути більш чітко згруповані у вигляді узагальнених критеріїв ефективності.

Зазначені зауваження носять рекомендаційний та дискусійний характер та не впливають на загальне позитивне враження від роботи, практичну і наукову цінність результатів проведених досліджень.

8. Висновки до дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота присвячена науковому обґрунтуванню процесів відновлення працездатності робочих органів сільськогосподарських знарядь шляхом поверхнево-пластичної деформації з використанням гідроімпульсного навантаження та охоплює теоретичний аналіз, математичне моделювання й експериментальну перевірку отриманих положень. У роботі наведено науково обґрунтовані результати досліджень, які мають як теоретичне, так і практичне

значення. Поданий матеріал свідчить про актуальність обраної проблематики, обґрунтованість сформульованих здобувачкою наукових положень і висновків, наукову новизну отриманих результатів та їх практичну спрямованість.

Представлена робота відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 (зі змінами) та наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами), і може бути представлена для офіційного захисту в разовій спеціалізованій вченій раді, а її автор – Телятник Інна Анатоліївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності 132 Матеріалознавство.

Рецензент

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інженерної механіки
та технологічних процесів в АПК
Вінницького національного
аграрного університету

Підпис Купчука І.М. засвідчую:
Вчений секретар



Ігор КУПЧУК

Тетяна КОРПАНЮК