

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Волковського Олександра Михайловича
на тему **«Підвищення ефективності функціонування ґрунтообробного
знаряддя обґрунтуванням конструктивно-режимних параметрів робочих
органів»**, поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі
знань 13 – «Механічна інженерія» за спеціальністю 133 – «Галузеве
машинобудування»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Розвиток сучасного аграрного виробництва характеризується постійним підвищенням вимог до технологічної ефективності агрегатів для обробітку ґрунту, зменшення їх енергоємності, забезпечення стабільної якості виконання технологічного процесу та адаптації робочих органів до змінних ґрунтово-кліматичних умов. Особливої актуальності ці питання набувають в умовах поширення ресурсозберігаючих технологій землеробства, за яких поверхневий обробіток ґрунту виконує не лише функцію передпосівної підготовки, але й забезпечує ефективне управління поживними рештками, збереження структури ґрунту та оптимізацію водно-повітряного режиму.

Незважаючи на значну кількість наукових досліджень, присвячених удосконаленню дискових ґрунтообробних машин, проблема забезпечення стабільної роботи дискових робочих органів в умовах неоднорідних фізико-механічних властивостей ґрунтового середовища залишається не вирішеною. Значні коливання навантажень, нерівномірність глибини обробітку, підвищені динамічні навантаження на елементи конструкції та збільшення тягового опору обмежують ефективність традиційних дискаторів і зумовлюють необхідність пошуку нових конструктивних рішень.

У цьому контексті запропонований автором напрям досліджень, що передбачає застосування пружного стояка з регульованою жорсткістю, є своєчасним і науково обґрунтованим. Використання такого конструктивного рішення дозволяє адаптувати характеристики пружного елемента до умов роботи агрегату, зменшити пікові навантаження, підвищити стабільність руху робочих органів та покращити агротехнічні показники поверхневого обробітку ґрунту. Актуальність роботи підтверджується також тим, що автор не обмежився конструктивним удосконаленням робочого органу, а комплексно дослідив процес його функціонування шляхом поєднання математичного моделювання, чисельного аналізу напружено-деформованого стану, експериментальних досліджень та виробничих випробувань.

Важливим аспектом роботи є використання сучасних методів комп'ютерного моделювання, зокрема середовища SOLIDWORKS Simulation, математичного моделювання динамічної стійкості механічної системи, багатофакторного планування експерименту та багатокритеріальної оптимізації конструктивно-технологічних параметрів. Такий комплексний підхід забезпечує достатній рівень обґрунтованості отриманих результатів і відповідає сучасним тенденціям розвитку інженерної науки.

Таким чином вважаю, що тема дисертації є актуальною, перспективною і відповідає сучасним потребам агропромислового комплексу України.

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

Автором зазначено, що роботу виконано в Державному біотехнологічному університеті в рамках науково-дослідної роботи кафедри агроінженерії «Техніко-технологічне забезпечення енергозберігаючого екологічно безпечного виробництва сільськогосподарської продукції» ДР №0123U100663, 2022–2026 рр.

Тематика дисертації логічно інтегрована у зазначену науково-дослідну програму та спрямована на вирішення одного з її ключових завдань – підвищення техніко-технологічної ефективності машин для основного і поверхневого обробітку ґрунту за рахунок удосконалення конструкції робочих органів та оптимізації режимів їх функціонування.

3. Оцінка змісту, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Аналіз змісту дисертаційної роботи свідчить, що автором послідовно реалізовано комплексний підхід до вирішення поставленої науково-технічної задачі. Логіка побудови дисертації є цілісною та відповідає сучасним вимогам до кваліфікаційних наукових досліджень. Структура роботи забезпечує послідовний перехід від аналізу сучасного стану проблеми до теоретичного обґрунтування, експериментальної перевірки отриманих результатів, їх практичної реалізації та економічної оцінки.

Дисертація має обсяг 212 сторінок машинописного тексту на українській мові з використанням науково-технічної термінології, включаючи 58 рисунків, 19 таблиць, а також анотацію викладену двома мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, що налічує 147 найменувань. Обсяг основного тексту дисертації становить 157 сторінок (8,21 друкарських аркушів), що відповідає встановленим вимогам.

У вступі викладено актуальність та обґрунтування теми, загальну характеристику роботи, зв'язок з науковими програмами. Дослідження виконувались у Державному біотехнологічному університеті в рамках науково-дослідної роботи кафедри агроінженерії: «Техніко-технологічне забезпечення енергозберігаючого екологічно безпечного виробництва сільськогосподарської продукції» (№ ДР 0123U100663, 2022–2026 рр.). Наведено мету та завдання дослідження, методи, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів і особистий внесок здобувача, а також апробацію результатів дисертації. Автором коректно визначено наукову гіпотезу, згідно з якою підвищення ефективності функціонування дискового ґрунтообробного знаряддя досягається шляхом регулювання жорсткості пружного стояка залежно від умов експлуатації. Сформульовані положення узгоджуються із загальною концепцією роботи та визначають логіку подальших досліджень.

У першому розділі наведено огляд та оцінку сучасних технологій і засобів підвищення ефективності поверхневого обробітку ґрунту. Автором виявлено, що подальше підвищення ефективності обробітку стримане недостатньою ефективністю дискаторів для відмінних за фізико-механічними властивостями ґрунтів, обмежене енерговитратами. Позитивною особливістю розділу є спроба автора не лише систематизувати існуючі конструкції, а й виявити їх основні конструктивні недоліки, що безпосередньо впливають на стабільність глибини обробітку, енергоємність процесу та довговічність елементів конструкції.

В результаті проведеного аналізу визначено коло питань, які потребують вивчення та сформульовано задачі досліджень.

У другому розділі автором виконано чисельне моделювання напружено-деформованого стану пружного стояка із використанням сучасних засобів інженерного аналізу. Особливої уваги заслуговує проведене дослідження впливу конструктивних параметрів регулятора жорсткості на напружений стан елементів конструкції та їх деформаційні характеристики. Суттєвий науковий інтерес становить запропонована просторова математична модель динамічної стійкості дискатора, яка враховує взаємодію дисків із ґрунтовим середовищем, масово-інерційні характеристики агрегату та пружні властивості стояків. Побудована модель дозволила визначити амплітуди коливань, частотні характеристики та оцінити стійкість роботи дискового агрегату в експлуатаційних умовах. Позитивно оцінюється прагнення автора поєднати класичні положення теоретичної механіки із сучасними методами комп'ютерного моделювання, що забезпечує достатній рівень наукової обґрунтованості отриманих результатів.

У третьому розділі автором розкрито методику проведення лабораторних досліджень пружного стояка з регулятором жорсткості; описано технічне

обладнанням для випробування робочих органів ґрунтообробних машин: вимірювальна система, ґрунтовий канал; описано методику лабораторних досліджень фізико-механічних властивостей ґрунту; методику визначення якісних показників роботи дискатора; методика статистичної обробки експериментальних даних. Використана методика досліджень повністю відповідає поставленим задачам та дозволяє вважати отримані експериментальні результати репрезентативними.

У четвертому розділі приведені результати експериментальних досліджень дискових робочих органів на пружному стояку з регулятором жорсткості, залежності динаміки тягових зусиль рами та стояка дискатора, коефіцієнта ущільнення ґрунту, раціональні конструктивно-технологічні параметри, проведено наочне і статистичне порівняння теоретичних та експериментальних даних, перевірено адекватність розроблених математичних моделей. Отримані математичні залежності мають не лише наукове, але й практичне значення, оскільки можуть бути використані при проектуванні нових конструкцій дискових агрегатів. Заслуговує позитивної оцінки виконана автором багатокритеріальна оптимізація конструктивно-технологічних параметрів, яка дозволила визначити компромісні значення параметрів, що забезпечують одночасне покращення агротехнічних та енергетичних показників роботи дискатора.

У п'ятому розділі наведено результати виробничих випробувань розробленого дискатора в умовах ФОП «Франковський» Харківської області, дослідного поля Державного біотехнологічного університету та економічна ефективність упровадження результатів дослідження. Вказані місця впровадження результатів дослідження підтверджуються завіреними документами (у додатках). Автором доведена працездатність модернізованого дискатора у виробничих умовах, встановлено покращення агротехнічних показників обробітку ґрунту, підвищення стабільності роботи дискових робочих органів та зменшення енерговитрат. Наведені економічні розрахунки підтверджують скорочення експлуатаційних затрат, зниження витрат пального та достатньо короткий строк окупності модернізованої конструкції.

У висновках автором представлені основні результати наукової роботи, структура та повнота викладення відповідає поставленим задачам. В додатках представлено акти впровадження закінченої науково-дослідницької роботи.

Аналіз змісту дисертації дає підстави стверджувати, що поставлені автором завдання виконано в повному обсязі. Використаний комплекс теоретичних, чисельних та експериментальних методів досліджень є взаємопов'язаним і взаємодоповнювальним, що забезпечує належний рівень обґрунтованості отриманих наукових результатів.

4. Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна роботи полягає насамперед у комплексному дослідженні процесу функціонування дискового ґрунтообробного знаряддя з пружним стояком змінної жорсткості. На відміну від більшості відомих досліджень, у яких конструктивні параметри стояків розглядалися переважно з позицій міцності окремих елементів, автор здійснив інтегроване дослідження системи «робочий орган – пружний стояк – рама – ґрунтове середовище», що дозволило оцінити взаємний вплив конструктивних та режимних параметрів на енергетичні й агротехнічні показники роботи агрегату.

Позитивної оцінки заслуговує запропонований підхід до чисельного аналізу напружено-деформованого стану пружного стояка із використанням сучасних методів кінцево-елементного моделювання. На відміну від традиційних інженерних розрахунків, використаний автором підхід дозволив простежити характер розподілу напружень і деформацій у різних конструктивних варіантах регулятора жорсткості, визначити найбільш навантажені ділянки конструкції та встановити закономірності зміни її жорсткісних характеристик залежно від геометричних параметрів.

Суттєвим науковим результатом дисертації є розробка просторової математичної моделі динамічної стійкості дискового ґрунтообробного агрегату, яка враховує взаємодію робочих органів із ґрунтовым середовищем, пружні властивості стояків, масово-інерційні характеристики конструкції та особливості коливального процесу. На відміну від відомих моделей, запропонований автором підхід забезпечує можливість прогнозування коливань дискових робочих органів при зміні конструктивних і технологічних параметрів агрегату, що має важливе значення для обґрунтування його раціональних режимів роботи.

Науково обґрунтованими слід визнати також результати багатofакторних експериментальних досліджень, у ході яких автором отримано регресійні математичні моделі другого порядку, що описують вплив кута клиноподібної вставки, глибини обробітку та швидкості руху на величину тягового опору, частоту коливань робочого органу та коефіцієнт ущільнення ґрунту. Запропоновані математичні залежності можуть бути використані не лише під час проектування нових конструкцій дискових машин, але й для оптимізації режимів їх експлуатації.

Важливо підкреслити, що наукові результати не є ізольованими. Автор послідовно поєднав результати теоретичного аналізу, комп'ютерного моделювання та експериментальної перевірки, що значно підвищує рівень довіри до отриманих результатів досліджень.

Окремо слід відзначити використання багатокритеріальної оптимізації конструктивно-технологічних параметрів дискового робочого органу. Автор не обмежився мінімізацією окремого показника, а здійснив пошук компромісного рішення з одночасним урахуванням енергетичних, динамічних та агротехнічних критеріїв ефективності, що свідчить про системний підхід до вирішення поставленої наукової задачі.

5. Достовірність отриманих результатів і висновків

Достовірність отриманих результатів забезпечується комплексним використанням сучасних теоретичних і експериментальних методів досліджень, які взаємно доповнюють один одного.

Теоретичні дослідження базуються на фундаментальних положеннях теоретичної механіки, опору матеріалів, теорії пружності, механіки ґрунтів, методів математичного моделювання та чисельного аналізу. Для дослідження напружено-деформованого стану конструкції використано сучасний програмний комплекс SOLIDWORKS Simulation, що широко застосовується при інженерному проектуванні та забезпечує достатній рівень точності чисельних розрахунків.

Експериментальна частина роботи виконана відповідно до загальновизнаних методик дослідження ґрунтообробних машин із використанням тензометричних вимірювань, багатофакторного планування експерименту, сучасної вимірювальної апаратури та цифрових засобів реєстрації інформації. Отримані результати опрацьовано методами математичної статистики, що забезпечує їх репрезентативність та статистичну достовірність.

Важливим аргументом на користь достовірності є також виробнича перевірка запропонованого технічного рішення. Порівняльні випробування модернізованого дискатора із серійною машиною підтвердили можливість практичної реалізації запропонованої конструкції та засвідчили покращення її експлуатаційних показників, що узгоджується з результатами теоретичних досліджень.

Позитивно характеризує роботу і те, що основні результати дисертації апробовані на міжнародних науково-практичних конференціях, опубліковані у фахових наукових виданнях України та підтверджені двома патентами України на корисну модель, що свідчить про їх практичну цінність і наукове визнання.

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

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у створенні конструкції дискового ґрунтообробного знаряддя з регульованою жорсткістю пружного стояка, яка забезпечує покращення стабільності технологічного процесу, зменшення енергоємності поверхневого обробітку ґрунту та підвищення експлуатаційної надійності агрегату.

Запропоновані автором конструктивні рішення мають високий рівень технологічної готовності. Вони реалізовані у дослідному зразку, пройшли виробничі випробування та впроваджені у практику проектування ґрунтообробної техніки. Важливо, що результати досліджень використовуються не лише у виробничій діяльності, а й у навчальному процесі закладу вищої освіти, що підтверджує їх прикладне значення.

Результати, отримані під час експериментальних досліджень, дали можливість розробити рекомендації, щодо підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту дискатором з пружними стояками та регулятором жорсткості. Одержані результати досліджень передані ПФ «Хартехпром-97», що займається розробкою ґрунтообробної техніки, яка випускається під брендом «Слобода» для використання при проектуванні і виготовленні машин з пружним кріпленням робочих органів.

7. Повнота викладення матеріалу дисертації у наукових публікаціях

Результати дисертаційної роботи опубліковано у 17 наукових працях: 5 статтях у фахових виданнях, 10 тезах доповідей на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях та 2 патентах України на корисні моделі.

Апробація результатів здійснена на 9 конференціях різного рівня, у тому числі на міжнародних.

Кількість і якість публікацій відповідає встановленим вимогам.

8. Ідентичність змісту анотацій та основних положень дисертації

Зміст анотацій українською та англійською мовами повністю відображає зміст дисертації та в достатньому обсязі висвітлює її основні результати та висновки.

9. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами аналізу дисертації та публікацій автора ознак академічного плагіату не виявлено. У тексті дисертації здобувачем наведено посилання на наукові публікації як власні, так і інших авторів. Елементів

фальсифікації, фабрикації та запозичень фрагментів тексту, наукових результатів в роботі не виявлено. Це дає можливість зробити висновок про відсутність порушень академічної доброчесності в дисертації.

10. Зауваження та пропозиції до дисертації

Незважаючи на позитивну оцінку дисертаційної роботи, її завершеність та достатній науковий рівень, у процесі ознайомлення з дисертацією виникли окремі зауваження і дискусійні положення.

1. У першому розділі дисертації автором виконано ґрунтовний аналіз конструкцій дискових ґрунтообробних машин та індивідуальних пружних стояків, однак огляд сучасних світових досліджень доцільно було б доповнити результатами останніх років щодо використання методу дискретних елементів (DEM) для моделювання взаємодії дискових робочих органів із ґрунтовым середовищем. Це дозволило б більш повно показати місце запропонованого дослідження серед сучасних наукових підходів.

2. Запропонована конструкція регулятора жорсткості є технічно обґрунтованою, однак у роботі практично не розглянуто питання довговічності регулювальних клиноподібних вставок та вузлів їх кріплення в умовах багатоциклових знакозмінних навантажень, які є характерними для польової експлуатації. Доцільним було б оцінити ресурс зазначених елементів або хоча б окреслити методику його прогнозування.

3. При побудові математичної моделі динаміки агрегату автор прийняв низку припущень, зокрема щодо прямолінійного рівномірного руху по горизонтальній поверхні та відсутності прискорень. Такі припущення є цілком допустимими для математичного опису, однак бажано було б оцінити межі застосовності моделі в реальних умовах експлуатації, коли рельєф поля та нерівномірність опору ґрунту можуть істотно впливати на коливальні процеси.

4. Чисельне моделювання напружено-деформованого стану виконано із застосуванням SOLIDWORKS Simulation, що є безумовною перевагою роботи. Разом із тим автор не навів аналізу збіжності кінцево-елементної сітки (mesh convergence) та оцінки впливу її дискретизації на отримані результати, що є бажаним елементом сучасних досліджень із використанням методу скінченних елементів.

5. У роботі наведено результати моделювання просторової динамічної системи «трактор–дискатор», однак практично не обговорено можливість виникнення резонансних режимів при роботі агрегату за ширшого діапазону швидкостей руху та змінних характеристик ґрунтового середовища. Такий аналіз міг би розширити практичну цінність запропонованої моделі.

6. Під час експериментальних досліджень використано багатфакторний план експерименту та отримано регресійні моделі другого порядку. Разом із тим у роботі доцільно було б навести більш детальне обґрунтування вибору інтервалів варіювання факторів (кут клиноподібної вставки, глибина обробітку, швидкість руху) саме з позицій виробничої доцільності їх рівнів.

7. Для підтвердження адекватності отриманих математичних моделей автор використовує статистичні критерії та регресійний аналіз. Водночас доцільним було б додатково навести аналіз залишків (residual analysis) або графіки випадковості залишків, що є сучасною практикою перевірки адекватності регресійних моделей.

8. Автором виконано виробничі випробування модернізованого дискатора, однак доцільно було б ширше представити результати його порівняння із сучасними серійними дисковими агрегатами провідних світових виробників, що дозволило б більш повно оцінити конкурентоспроможність запропонованого технічного рішення.

Всі наведені недоліки не впливають на позитивну оцінку дисертації. Зауваження можуть бути предметом подальших досліджень автора.

11. Загальний висновок

Дисертація Волковського Олександра Михайловича на тему: **«Підвищення ефективності функціонування ґрунтообробного знаряддя обґрунтуванням конструктивно-режимних параметрів робочих органів»** є цілісною, завершеною, самостійно виконаною науковою роботою та має вагому наукову новизну, що заслуговує на науковий та практичний інтерес. Зважаючи на актуальність вирішених у дисертації поставлених завдань, отриманих наукових результатів, висновків, теоретично та науково обґрунтованих та підтверджених практичною значимістю, а також послідовністю викладу матеріалу підтверджує високий рівень проведених досліджень. Враховуючи викладене вище, можна вважати, що дисертація відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 р. «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», та повністю відповідає спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» з галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Недоліки, що наведені у зауваженнях і пропозиціях, не впливають на загальну цінність дисертаційного дослідження.

Виходячи з цього, вважаю, що Волковський Олександр Михайлович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за

спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» з галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук,
доцент, декан агротехнічного факультету
Центральноукраїнського національного
технічного університету

Сергій ЛЕЩЕНКО

Підпис Сергія Лещенка засвідчую:
проектор з науково-педагогічної
роботи Центральноукраїнського
національного технічного університету



Андрій КИРИЧЕНКО