

ВІДГУК офіційного опонента
на дисертаційну роботу Левицького Богдана Богдановича
на тему: «Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів
малогабаритного самохідного обприскувача» представлена на здобуття
наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія
за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

Актуальність теми дисертаційної роботи

У сучасних умовах ведення сільськогосподарського виробництва одним із ключових завдань є забезпечення ефективного та технологічно обґрунтованого хімічного захисту рослин. Незважаючи на розвиток біологічних і агротехнічних методів, хімічний спосіб залишається основним через свою високу результативність і швидкодію. Однак ефективність цього процесу суттєво залежить не лише від характеристик застосовуваних препаратів, але й від технічного рівня засобів внесення, що визначають рівномірність покриття, точність дозування та стабільність обробки.

Особливої актуальності ця проблема набуває в контексті малих фермерських та підсобних господарств, які становлять значну частку аграрного сектору України. Так, зокрема, понад 90% площ під окремими культурами (наприклад, картопля, овочі, ягідники) зосереджені саме в господарствах населення, де застосування великогабаритної та енергоємної техніки є економічно необґрунтованим і технічно складним. У таких умовах домінують ручні або напівмеханізовані засоби, які не забезпечують достатньої якості обробки, потребують значних трудових витрат і не гарантують дотримання агротехнічних норм, зокрема – рівномірності внесення препарату.

Аналіз стану ринку техніки для хімічного захисту рослин свідчить про наявність значного розриву між потребами дрібного сільгоспвиробника та наявними зразками техніки. Більшість наявних малогабаритних обприскувачів обмежені в функціональних можливостях: мають фіксовану ширину колії, малий кліренс, відсутність ефективної стабілізації штанги, потребують зовнішнього агрегування, що знижує якість обробки і, відповідно, її ефективність.

У цьому контексті дослідження, виконане Левицьким Б.Б., є вчасним, обґрунтованим і відповідає сучасним потребам аграрної галузі. Запропоноване здобувачем наукове рішення – створення малогабаритного самохідного штангового обприскувача з маятниковою підвіскою штанги та штучно збільшеною масою – дозволяє суттєво підвищити ефективність обприскування за рахунок стабілізації положення робочого органа. Розроблені теоретичні моделі, які описують напружено-деформований стан бака обприскувача та динамічні характеристики коливань штанги, мають інноваційний характер і є новим кроком у напрямку підвищення точності технологічного процесу.

Актуальність теми також підкріплюється необхідністю адаптації технічних засобів до умов рельєфу, ґрунтових характеристик, розміру

оброблюваних ділянок та енергетичного забезпечення, що притаманні саме малим фермерським структурам. Представлена в дисертації машина характеризується підвищеною маневреністю, є самохідною, наявністю стабілізаційної системи, що забезпечує рівномірність нанесення робочої рідини та мінімізує вплив коливань, зокрема на нерівному полі. Практичне значення обґрунтованих конструктивно-технологічних рішень підтверджене виготовленням дослідного зразка, результатами експериментальних досліджень, а також впровадженням у виробництво та навчальний процес.

Тому, тема дисертаційної роботи є науково обґрунтованою, практично значущою, безумовно актуальною як для аграрного сектору економіки України, так і в контексті розвитку галузевого машинобудування. Вона повною мірою відповідає сучасним тенденціям розвитку механічної інженерії, а також стратегічним пріоритетам підтримки дрібних форм господарювання.

Зв'язок з науковими програмами, темами

Тема та зміст дисертаційної роботи органічно вписуються в рамки наукових досліджень, що виконуються в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя, зокрема в межах науково-дослідної теми кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин «Розроблення технічних засобів агровиробництва з покращеними техніко-експлуатаційними параметрами» (державний реєстраційний номер 0124U003479).

Дисертантом розроблено конструкцію малогабаритного самохідного обприскувача, що є конкретним результатом прикладного спрямування тематики зазначеної програми. У роботі реалізовано комплексний підхід, який охоплює як створення нових конструктивних рішень, так і їх теоретичне, експериментальне та програмно-моделювальне обґрунтування. Це безпосередньо відповідає пріоритетним завданням наукових досліджень у сфері аграрного машинобудування – підвищення ефективності, надійності та адаптивності сільськогосподарської техніки до умов малотоварного виробництва.

Виходячи з цього, тематика дисертації повністю узгоджується з актуальними науковими програмами й планами кафедри та університету в цілому, спрямованими на вдосконалення технологічних процесів в агропромисловому комплексі шляхом впровадження інноваційних технічних засобів.

Наукова новизна дисертаційної роботи

У дисертаційній роботі Левицького Богдана Богдановича вирішено актуальне науково-технічне завдання підвищення ефективності процесу хімічного захисту рослин у малотоварному агровиробництві шляхом обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів малогабаритного самохідного обприскувача. Робота відзначається комплексністю підходу, що охоплює теоретичне моделювання, експериментальні дослідження та конструкторське впровадження.

Наукова новизна отриманих результатів полягає, зокрема, у такому:

- вперше розроблено динамічні моделі кутових і вертикальних коливань штанги малогабаритного обприскувача у системі маятникової підвіски з доданою масою, що дозволяють оцінити вплив параметрів конструкції та заповнення бака на стабільність роботи розпилювальних пристроїв;
- запропоновано математичну модель, яка описує напружено-деформований стан вертикально орієнтованого циліндричного бака обприскувача у складі пневмогідравлічної системи живлення, з урахуванням краєвого ефекту при навантаженні півеліптичних днищ, що дозволяє визначити гранично допустимі параметри експлуатації;
- удосконалено методику аналізу впливу положення штанги на рівномірність внесення робочого препарату на оброблювану поверхню, що дає змогу підвищити якість хімічного захисту рослин за різних умов експлуатації;
- уточнено теоретичні залежності між геометричними, динамічними та експлуатаційними параметрами обприскувача, які враховують взаємодію конструктивних елементів під час руху машини в полі.

Запропоновані автором рішення відзначаються високим рівнем наукової обґрунтованості, підтверджені результатами численних експериментальних і чисельно-аналітичних досліджень та мають значну прикладну цінність для удосконалення техніки захисту рослин у фермерських господарствах.

Короткий аналіз основного змісту дисертації

Дисертаційна робота присвячена науковому обґрунтуванню конструктивно-технологічних параметрів малогабаритного самохідного штангового обприскувача, орієнтованого на використання у дрібних фермерських та підсобних господарствах. У роботі комплексно вирішено завдання підвищення ефективності хімічного захисту рослин за рахунок удосконалення системи стабілізації штанги та живлення розпилювачів, що дозволяє забезпечити рівномірність нанесення препаратів, знизити трудомісткість виконання технологічної операції та підвищити надійність роботи агрегату.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, наведено основні методи досліджень і вказано зв'язок роботи з науковими програмами. Визначено наукову новизну, практичну значущість результатів, а також особистий внесок здобувача.

Перший розділ дисертації присвячено аналізу сучасного стану технічного забезпечення хімічного захисту рослин в умовах малотоварного виробництва. Наведено характеристики ранцевих, візкових, навісних і причіпних обприскувачів, які мають обмежену функціональність для використання на малих площах. Зроблено висновок про доцільність створення самохідного обприскувача з маятниковою підвіскою штанги, який би не вимагав зовнішнього енергозасобу, мав високий кліренс, регульовану ширину колії та систему стабілізації штанги. У розділі також здійснено огляд

конструктивних рішень існуючих обприскувачів і визначено основні напрями подальших досліджень.

У другому розділі викладено результати теоретичних досліджень. Зокрема, побудовано математичну модель напружено-деформованого стану вертикального бака обприскувача з урахуванням внутрішнього надлишкового тиску та гідростатичного навантаження. Особливу увагу приділено врахуванню краєвого ефекту при навантаженні півеліптичних днищ. Крім того, розроблено динамічну модель коливального руху штанги у системі маятникової підвіски з доданою масою, що включає вплив маси заповненого бака. Теоретичні моделі дозволили провести попереднє визначення допустимих параметрів експлуатації.

Третій розділ містить опис конструкції розробленого дослідного зразка обприскувача, технічні характеристики та програму експериментальних досліджень. В обґрунтуванні дослідження враховано багатофакторний підхід із застосуванням методик планування експерименту. Серед основних технічних параметрів варто відзначити ширину захвату 5 м, регульовану висоту штанги, ширину колії, а також продуктивність до 2,7 га/год.

У четвертому розділі наведено результати експериментального дослідження міцності бака та кінематики коливань штанги. Дослідження проводились у польових умовах при різних режимах руху. Отримано підтвердження збіжності експериментальних результатів з теоретичними розрахунками – розбіжності склали не більше 8,8%. Зафіксовано, що застосування маятникової підвіски дозволяє зменшити амплітуду вертикальних прискорень у 1,7 рази, що суттєво покращує рівномірність обробки та зменшує динамічні навантаження на штангу.

П'ятий розділ присвячено аналізу роботоздатності обприскувача та оцінці економічної ефективності. Здобувач провів розрахунок напружено-деформованого стану бака із застосуванням програмного забезпечення SolidWorks Simulation. Результати чисельного моделювання підтвердили адекватність теоретичних моделей (збіжність понад 99%). Розраховано економічну ефективність використання машини: річний ефект становить понад 15 тис. грн, а термін окупності – менше 3 років.

У висновках наведено узагальнені результати дослідження, сформульовано практичні рекомендації щодо застосування запропонованих рішень в умовах фермерських господарств, а також вказано напрями подальших досліджень.

Загалом, дисертаційна робота має завершений характер, побудована логічно, обґрунтування положень супроводжується аналітичним, графічним і експериментальним матеріалом. Результати дослідження апробовано на виробництві, технічну новизну захищено патентом України та впроваджено у навчальний процес.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність

Наукові положення, сформульовані у дисертаційній роботі, мають

достатній ступінь обґрунтованості, що базується на ґрунтовному аналізі сучасного стану технічного забезпечення хімічного захисту рослин, застосуванні сучасних методів теоретичного моделювання, чисельних розрахунках із використанням спеціалізованого програмного забезпечення та результатах експериментальних досліджень.

Обґрунтування конструктивних параметрів малогабаритного самохідного обприскувача супроводжується математичними моделями, які описують динаміку коливань штанги у маятниковій підвісці та напружено-деформований стан бака. Достовірність теоретичних результатів підтверджується їх порівнянням з даними експериментів, проведених у реальних польових умовах, з похибкою в межах допустимих значень (до 8–10%). Додаткове підтвердження адекватності моделей отримано шляхом чисельного моделювання в середовищі SolidWorks Simulation, де збіжність результатів становить понад 99%.

Усі висновки, наведені в дисертації, логічно впливають із викладеного матеріалу, підтверджені результатами багатофакторного експерименту та аналітичними залежностями. Практичні рекомендації, що стосуються проєктування та експлуатації малогабаритного обприскувача, є обґрунтованими, апробованими у виробничих умовах і можуть бути використані при впровадженні нової техніки в фермерських господарствах.

Ступінь достовірності та обґрунтованості результатів дослідження є високим, що підтверджує наукову цінність і прикладну значущість виконаної роботи.

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення результатів дисертаційної роботи полягає у розробленні, обґрунтуванні та впровадженні технічних рішень, які спрямовані на підвищення ефективності хімічного захисту рослин у малих фермерських та підсобних господарствах. Запропоновані конструктивно-технологічні параметри самохідного малогабаритного штангового обприскувача з маятковою підвіскою штанги дозволяють забезпечити рівномірне нанесення робочого препарату, зменшити вплив динамічних навантажень та підвищити стійкість машини при роботі на складному рельєфі.

На основі проведених теоретичних досліджень і експериментальної перевірки виготовлено діючий дослідний зразок обприскувача, характеристики якого підтверджують доцільність застосування запропонованих технічних рішень. Ефективність маяткової підвіски з доданою масою штанги доведено як аналітично, так і експериментально – її використання дозволяє зменшити коливання штанги, що, у свою чергу, позитивно впливає на якість обробки рослин.

Окрему практичну цінність становлять методики оцінювання напружено-деформованого стану бака обприскувача, розроблені автором, а також впровадження елементів 3D-моделювання та імітаційного моделювання у SolidWorks. Отримані аналітичні залежності й моделі можуть

бути використані при проектуванні нових та модернізації існуючих машин для обробки посівів.

Результати дисертаційної роботи впроваджено у виробничу діяльність ТОВ «Плотича Агро» та у навчальний процес Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, що свідчить про їх прикладну спрямованість і актуальність для агроінженерної галузі.

Загалом, напрацювання автора мають вагоме значення для вдосконалення конструкцій малогабаритних сільськогосподарських машин, підвищення технологічної ефективності обприскування та зниження трудомісткості виконання агротехнічних операцій.

Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях

Дисертаційна робота Левицького Б.Б. виконана на належному науково-технічному рівні та грамотно оформлена відповідно до вимог, встановлених до кваліфікаційних досліджень на здобуття ступеня доктора філософії. Текст дисертації відзначається послідовністю викладення, чіткою структурою, логічною побудовою розділів, аргументованістю переходів від постановки проблеми до практичних висновків. Усі положення ґрунтуються на детально проведених теоретичних і експериментальних дослідженнях, що подані у зручній для сприйняття формі з використанням графічного матеріалу.

Аналіз змісту дисертації дозволяє стверджувати, що автор дотримувався вимог академічної доброчесності. Усі використані літературні та наукові джерела коректно оформлені, наведені посилання на результати інших дослідників. Використання чужих наукових ідей чи текстів без належного цитування не виявлено. Особистий внесок здобувача чітко окреслено, що підтверджується також в описі колективних публікацій.

Основні наукові результати, викладені у дисертації, належним чином апробовані та оприлюднені. Їх представлено у 13 наукових публікаціях, серед яких є статті у фахових українських виданнях, матеріали міжнародних конференцій, а також одна стаття у журналі, індексованому в Scopus, що свідчить про належну міжнародну комунікацію результатів. Отримано також деклараційний патент України на корисну модель, що підтверджує прикладну цінність проведених досліджень.

Мова та стиль дисертаційної роботи

Дисертаційна робота викладена державною мовою з дотриманням норм сучасної української науково-технічної термінології. Мова роботи загалом є граматично правильною, стилістично виваженою та відповідає вимогам до наукових текстів. Термінологія використовується точно, без двозначностей, а всі поняття та позначення вводяться коректно й узгоджено в межах дослідження.

Стиль викладення чіткий, логічний і послідовний. Автор дотримується наукової об'єктивності, подає матеріал з позицій аналітичного підходу та аргументованості. Виклад основного тексту супроводжується достатньою

кількістю ілюстрацій, графіків, таблиць, що полегшують сприйняття складної технічної інформації.

Окремі незначні недоліки стилістичного чи орфографічного характеру не впливають на загальне позитивне враження від оформлення та викладу матеріалу, вони мають технічний характер.

Узагальнюючи, слід зазначити, що мова і стиль дисертаційної роботи відповідають вимогам до наукових кваліфікаційних праць і сприяють належному сприйняттю її змісту.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. У роботі варто було додати окремий підрозділ, у якому зроблено аналіз екологічних наслідків застосування малогабаритних обприскувачів, зокрема впливу на довкілля при використанні хімічних препаратів у малих фермерських господарствах.
2. Не повністю розкрито обґрунтування вибору конструктивних параметрів бака (форма, матеріал), які впливають на його міцність і надійність в умовах змінного навантаження.
3. Результати чисельного моделювання, виконаного в SolidWorks, наведено без аналізу чутливості моделі до змін вхідних параметрів, що обмежує можливість оцінки її універсальності.
4. У підрозділі, присвяченому динаміці штанги, слід було б навести порівняння з альтернативними способами стабілізації (наприклад, пружинно-демпферними або електронними системами) для ширшої інженерної оцінки.
5. Деякі формули, наведені в теоретичному розділі, потребують уточнення умов їх застосування (наприклад, граничні умови моделі оболонки бака не завжди вказані чітко).
6. Мовностилістичне оформлення в окремих розділах (зокрема, 4.1 та 5.1) варто переглянути з метою усунення повторів і уніфікації термінів, що підвищить загальну якість наукового викладу; оформлення літературних джерел варто було витримати в одному стилі та із дотриманням ДСТУ 8302:2015.

Висновок щодо дисертації в цілому

Дисертаційна робота Левицького Богдана Богдановича є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому вирішено актуальне науково-технічне завдання щодо обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів малогабаритного самохідного штангового обприскувача. У роботі на належному теоретичному та прикладному рівні розроблено математичні моделі, виконано розрахунки міцності елементів конструкції, досліджено динаміку роботи штанги з маятниковою підвіскою та проведено експериментальну перевірку працездатності запропонованих рішень.

Наукові положення, висновки та рекомендації мають достатній рівень обґрунтованості й достовірності, підтверджені числовими розрахунками, моделюванням та результатами натурних випробувань. Результати роботи

мають практичне значення, впроваджені у виробництво та освітній процес, що засвідчує їхню прикладну цінність.

Зміст дисертації повною мірою відповідає її темі, а оформлення – чинним вимогам до кваліфікаційних наукових праць. Автор дотримався принципів академічної доброчесності, а основні результати оприлюднено у достатній кількості наукових праць, у тому числі – у виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах.

З урахуванням вищевикладеного, вважаю, що дисертаційна робота Левицького Богдана Богдановича **відповідає вимогам** п. 6, 7, 8 та 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, а її автор – Левицький Богдан Богданович **заслуговує на присудження** ступеня доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування».

Офіційний опонент:

доцент кафедри сільськогосподарських машин
та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка
Національного університету біоресурсів і
природокористування України,
кандидат технічних наук, доцент

Володимир ОНИЩЕНКО

