

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

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

Актуальність теми дисертаційної роботи

Останніми роками в Україні спостерігається стійка тенденція до зростання ролі малих фермерських та індивідуальних підсобних господарств у забезпеченні населення овочевою та плодово-ягідною продукцією. У структурі посівних площ значна частина обробляється саме в умовах низької технічної та енергетичної забезпеченості, де переважно використовуються ручні або морально застарілі механізовані засоби. У таких господарствах особливо гостро постає проблема якісного виконання операцій хімічного захисту рослин, яка на пряму впливає на урожайність, якість продукції та санітарно-екологічний стан навколишнього середовища.

На фоні загального зростання вимог до точності дозування засобів захисту рослин, а також підвищення вартості самих препаратів, надзвичайно важливим є забезпечення стабільної, контрольованої та рівномірної подачі робочого розчину при обробці культур. На практиці це можливо лише за умови застосування обґрунтованих конструктивно-технологічних рішень у засобах хімічного захисту, зокрема – обприскувачах. Однак наявна техніка для малих площ здебільшого не забезпечує належної якості обробки через обмежений функціонал, високу трудомісткість експлуатації, нестабільність параметрів обприскування.

Дисертаційне дослідження Левицького Б.Б. спрямоване на вирішення однієї з актуальних проблем агроінженерії – обґрунтування конструкції малогабаритного самохідного штангового обприскувача, адаптованого до умов дрібнотоварного виробництва. Наукова цінність роботи полягає у розробці динамічних моделей напружено-деформованого стану, що дають можливість раціоналізувати конструкцію бака та маятникової підвіски штанги з доданою масою. Такий підхід є новим для вітчизняної практики і відзначається комплексністю – від аналізу існуючих технічних рішень до реалізації дослідного зразка та його експериментального випробування в реальних умовах.

Особливого значення набуває аспект стабілізації положення штанги обприскувача, що є ключовим фактором для забезпечення рівномірного внесення препаратів при змінному рельєфі поля, коливаннях швидкості руху та зміни заповнення бака. Розроблені автором теоретичні залежності дають можливість кількісно оцінити вплив конструкційних та експлуатаційних параметрів на вибір максимального робочого тиску внутрішнього тиску всередині бака оприскувача, який є важливим для ефективної роботи розпилюючих пристроїв, що засвідчує високий рівень опрацювання проблематики.

Таким чином, тема дисертаційної роботи є надзвичайно актуальною з погляду як науково-технічного прогресу, так і сучасних потреб аграрного виробництва. Вона поєднує фундаментальну теоретичну базу з чітким прикладним орієнтиром, відповідає профілю спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» та має вагомe значення для подальшого розвитку технічного забезпечення сільського господарства України, зокрема в частині інженерії засобів хімічного захисту рослин.

Зв'язок з науковими програмами, темами

Дисертаційна робота виконана у межах науково-дослідної тематики кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Зокрема, дослідження проводились відповідно до наукової теми «Розроблення технічних засобів агровиробництва з покращеними техніко-експлуатаційними параметрами» (№ державної реєстрації 0124U003479).

Обрана тема дисертаційного дослідження безпосередньо відповідає завданням вказаної науково-дослідної роботи, зокрема щодо створення нових та вдосконалення наявних конструкцій сільськогосподарської техніки для технологічних процесів обробки рослин. Здобувачем реалізовано прикладні та теоретичні розробки, які узгоджуються з пріоритетними напрямками розвитку технічних засобів в агропромисловому виробництві, особливо в контексті забезпечення ефективного хімічного захисту культур за умов обмежених енергетичних та ресурсних можливостей фермерських господарств.

Наукова новизна дисертаційної роботи

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у створенні теоретичних і прикладних основ для проектування малогабаритного

самохідного обприскувача, призначеного для застосування в умовах дрібного фермерського чи підсобного агровиробництва. Здобувачем обґрунтовано нові підходи до формування конструкційно-технологічних параметрів ключових елементів машини – зокрема бака, пневмогідравлічної системи живлення та маятникової підвіски штанги – з урахуванням вимог до рівномірності внесення препаратів та динамічної стабільності робочих органів.

Уперше:

- розроблено комплекс динамічних моделей, що описують коливальні процеси штанги в маятниковій підвісці з урахуванням змінної доданої маси, спричиненої заповненням бака, що дозволяє прогнозувати поведінку системи при різних режимах роботи та забезпечити підвищену стабільність обприскування;
- запропоновано аналітичну модель оцінки напружено-деформованого стану бака обприскувача з вертикальним розташуванням, яка враховує краєві ефекти при навантаженні днищ, а також вплив гідростатичного і надлишкового тиску, що дає змогу точно визначати критичні експлуатаційні параметри;
- визначено нові закономірності впливу висоти розташування штанги та параметрів її підвіски на ефективність її стабілізації у горизонтальному положенні.

Одержані наукові результати є певним внеском у розвиток теорії динаміки та міцності елементів сільськогосподарських машин, зокрема обприскувачів для малих господарств. Вони забезпечують методологічне підґрунтя для подальшого вдосконалення технічних засобів хімічного захисту рослин та мають практичне значення для їх проектування, моделювання й експлуатації.

Короткий аналіз основного змісту дисертації

Дисертаційна робота спрямована на вирішення важливої інженерної проблеми – підвищення ефективності роботи малогабаритного самохідного обприскувача за рахунок обґрунтування його конструктивно-технологічних параметрів. Тема дослідження обрана обґрунтовано, з урахуванням сучасних потреб дрібнотоварного сільськогосподарського виробництва, де особливо актуальними є питання простоти, ефективності й адаптивності технічних засобів.

У **вступній частині** автором обґрунтовано необхідність розроблення нових конструкцій малогабаритних обприскувачів, які б відповідали умовам

фермерських та підсобних господарств. Визначено об'єкт, предмет, мету, задачі й методи дослідження. Наголошено, що особлива увага в дослідженні приділена конструкції штанги, стабілізації її положення, а також системі живлення розпилювачів.

Перший розділ містить ґрунтовний огляд сучасного стану технічного забезпечення хімічного захисту рослин у малих господарствах. Автор здійснив порівняльний аналіз конструкцій ранцевих, візкових і навісних обприскувачів, розкрив їх обмеження в контексті агротехнічних вимог. Показано, що більшість наявних рішень потребують значних трудових витрат або не забезпечують належної якості обприскування. В результаті сформульовано основні вимоги до перспективної конструкції самохідного обприскувача та обґрунтовано доцільність використання маятникової підвіски штанги.

Другий розділ присвячено теоретичним дослідженням напружено-деформованого стану бака обприскувача з урахуванням гідростатичного тиску, дії надлишкового тиску та краєвого ефекту на днищах. Побудовано математичні моделі, що дозволяють обґрунтувати параметри стінки бака, його форму та допустимі навантаження. Окремо розроблено динамічну модель вертикальних і кутових коливань штанги з урахуванням маси заповненого бака як доданої маси. Запропонований підхід забезпечує точне визначення амплітуд і частот коливань у реальних умовах експлуатації.

У третьому розділі описано розроблений експериментальний зразок самохідного обприскувача, його технічні параметри та функціональні можливості. Зокрема, машина має регульовану ширину колії, штангу з маятниковою підвіскою, бак ємністю 80 л, ширину захвату до 5 м. Детально описано методику планування багатофакторного повного експерименту, що використовувався в експериментальних дослідженнях.

Четвертий розділ містить результати польових та лабораторних випробувань обприскувача. Автор дослідив напружено-деформований стан бака при різних режимах заповнення, підтвердив теоретичні моделі практичними результатами з похибкою не більше 10%. Коливальні параметри штанги аналізувались у динаміці – отримано дані про прискорення, амплітуди та частоти при різних режимах. Використання маятникової підвіски показало суттєве зниження динамічних навантажень на штангу.

У п'ятому розділі наведено результати чисельного моделювання конструкції у середовищі SolidWorks Simulation, що підтвердили надійність

розрахунків (збіжність понад 99%). Виконано аналіз роботоздатності машини та розрахунок економічної ефективності її застосування. Отримано розрахунковий економічний ефект 15 111 грн на рік на одиницю техніки та термін окупності менше трьох років, що свідчить про практичну доцільність впровадження.

У **висновках** узагальнено наукові результати, окреслено межі їх застосування та наведено конкретні рекомендації для проектування аналогічних технічних засобів.

У цілому, дисертація має логічну структуру, послідовно розкриває поставлену мету, поєднує аналітичну, експериментальну та прикладну складові. Робота свідчить про високий рівень теоретичної підготовки здобувача та його здатність до самостійного вирішення складних прикладних задач у галузі механічної інженерії.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність

Наукові положення, сформульовані в дисертаційній роботі Левицького Б.Б., мають високий ступінь обґрунтованості, що забезпечується системним підходом до аналізу, моделювання та експериментального підтвердження отриманих результатів. У процесі дослідження автором запропоновано та реалізовано комплекс теоретичних, аналітичних і експериментальних методів для вирішення поставленої наукової задачі – підвищення ефективності хімічного захисту рослин шляхом удосконалення конструкції малогабаритного самохідного обприскувача.

Розроблені математичні моделі опису напружено-деформованого стану бака обприскувача та коливальних процесів штанги на маятниковій підвісці з доданою масою мають чітке фізико-механічне підґрунтя, коректно побудовані та вирішені з урахуванням специфіки експлуатації обприскувача. Теоретичні залежності логічно пов'язані із результатами числових експериментів, а збіжність між теоретичними й експериментальними даними (розбіжність не перевищує 8,8%) засвідчує їх високу достовірність.

Результати багатofакторних експериментальних досліджень, що проводилися відповідно до розробленої програми, підтверджують достовірність отриманих висновків. Проведені випробування експериментального зразка обприскувача у різних умовах експлуатації засвідчили ефективність реалізованих технічних рішень, зокрема, маятникової підвіски штанги, що дозволила зменшити вертикальні

прискорення в 1,7 рази. Експериментальні перевірки виконувалися з використанням сучасних засобів збору та обробки даних, а результати – підтверджені порівняльним аналізом із результатами імітаційного моделювання в програмному середовищі SolidWorks.

Висновки дисертаційної роботи впливають із результатів виконаних досліджень, які підтверджені експериментально. Надійність і обґрунтованість запропонованих наукових положень підтверджуються також публікаціями здобувача у фахових виданнях, у тому числі – у виданнях, що входять до наукометричних баз даних Scopus.

Отже, наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи Левицького Б.Б. є обґрунтованими, науково достовірними та такими, що мають значний потенціал для практичного використання.

Практичне значення отриманих результатів

Отримані в дисертаційній роботі результати мають вагоме практичне значення для аграрного машинобудування, зокрема в частині удосконалення конструкцій машин для хімічного захисту рослин. Вперше обґрунтовано та реалізовано технічні рішення щодо побудови малогабаритного самохідного штангового обприскувача з маятниковою підвіскою штанги, що забезпечує стабілізацію її положення під час роботи, у тому числі на ділянках зі складним рельєфом.

Практична цінність результатів дослідження підтверджена результатами польових випробувань. Встановлено, що використання запропонованої конструкції знижує вертикальні прискорення штанги у 1,7 рази, що дає можливість підвищити рівномірність нанесення робочого препарату та зменшити навантаження на конструкційні елементи машини. Запропоновані підходи до стабілізації штанги є технологічно простими у реалізації та мають перспективу для подальшого серійного виробництва.

Важливою складовою практичної значущості є розроблені автором методики аналізу напружено-деформованого стану бака обприскувача, які можуть бути використані у проектуванні посудин, що працюють під тиском. Впровадження програмного моделювання з використанням SolidWorks дозволило забезпечити високу точність інженерних розрахунків, що підтверджується більш ніж 99% збіжністю результатів теоретичного та комп'ютерного моделювання.

Результати дисертації знайшли практичне застосування у виробничій діяльності ТОВ «Плотича Агро», а також використовуються у навчальному

процесі за освітніми програмами підготовки фахівців з агроінженерії у ТНТУ імені Івана Пулюя. Це свідчить про затребуваність та актуальність роботи як для виробничої сфери, так і для освітньої галузі.

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

Дисертаційна робота оформлена відповідно до чинних вимог до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії. Структура роботи є логічною та послідовною: зміст охоплює всі етапи дослідження – від постановки мети й завдань до аналітичного узагальнення одержаних результатів та формування висновків. Кожен розділ містить обґрунтовані теоретичні розрахунки, супроводжені необхідними графіками, схемами та таблицями, що полегшує сприйняття технічного матеріалу.

Дотримання принципів академічної доброчесності у роботі не викликає сумнівів. У дисертації відсутні випадки некоректного запозичення або використання чужих результатів без належного посилання. Автор чітко зазначає свій особистий внесок у кожну з опублікованих у співавторстві праць, дотримується норм цитування та посилань на джерела інформації.

Наукові положення, висновки та практичні рекомендації дисертаційної роботи знайшли повне відображення у публікаціях здобувача. Зокрема, оприлюднено 13 праць за темою дисертації, серед яких 4 статті у фахових наукових виданнях, з них одна – у виданні, що індексується у наукометричній базі Scopus, 8 публікацій у матеріалах науково-практичних конференцій та 1 патент України на корисну модель. Така публікаційна активність свідчить про завершений характер наукової роботи, її апробацію та визнання в професійному середовищі.

Таким чином, дисертація Левицького Б.Б. відповідає вимогам до наукових кваліфікаційних праць щодо оформлення, академічної доброчесності та повноти представлення результатів у відкритому науковому доступі.

Мова та стиль дисертаційної роботи

Дисертація написана українською мовою з дотриманням вимог до наукового стилю викладу. Текст характеризується ясністю формулювань, логічною структурованістю та послідовністю мислення, що значно полегшує сприйняття технічного матеріалу. Термінологія застосована коректно,

відповідає фаховій спрямованості дослідження, а використані визначення та позначення є однозначними і чітко поясненими.

Науковий стиль дотримано упродовж усієї роботи: автор оперує категоріями, які прийняті в галузі механічної інженерії, обґрунтовано подає теоретичні положення та висновки, аргументує застосовані методи досліджень. Переважно використовується конструктивний стиль викладення.

Окремі зауваження можуть стосуватись дрібних стилістичних або технічних огріхів, які не впливають на розуміння суті проведених досліджень і не знижують загальної якості тексту.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. Доцільно було б в розділі 1 привести огляд наукових досліджень в галузі використання самохідних штангових обприскувачів.
2. На мій погляд, наукову новизну третього результату краще було б сформулювати наступним чином: «Отримали подальший розвиток теоретичні залежності, що обґрунтовують вплив положення штанги на ефективність її стабілізації у горизонтальному положенні», так як прямих залежностей рівномірності та ефективності обприскування не приведено.
3. Необхідно дати було більш чітке пояснення, чому саме така форма бака приймалась у дисертаційному дослідженні.
4. На рис. 2.2 для кращого розуміння необхідно було показати сили, що діють на стінку бака та кут θ .
5. Необхідне було дати пояснення існування зони локального мінімуму для суцільної кривої, показаної на рис. 2.3.
6. Недостатньо акцентовано увагу на обмеженнях застосованих теоретичних моделей при розрахунку напружено-деформованого стану бака, зокрема в частині впливу можливих температурних деформацій або умов циклічного навантаження, а також необхідно було б вказати, що побудована математичної модель може бути застосована лише для області пружних деформацій.
7. В дисертаційній роботі необхідно було б чітко навести для конкретних умов роботи рекомендовані значення основних конструкційно-технологічних параметрів малогабаритного самохідного обприскувача, відповідно до теми: швидкості руху, витрат робочої рідини, розміри штанги та кількості розпилюючих пристроїв на ній, висоти над рівнем ґрунту, об'єм бака.

8. На рис. 3.2 треба було чітко показати двигун, який приводить у рух експериментальний зразок.
9. У розділі 3 дисертаційної роботи, на мою думку, доцільного описати методику визначення впливу параметрів нерівності поля на параметри коливань штанги обприскувача, а розділі 4 показати результати їх впливу.
10. На мою думку, підрозділ 4.1, де перевіряється працездатність експериментального зразка малогабаритного самохідного обприскувача доцільно було перенести до розділу 5, а підрозділи 5.1-5.3 перенести до розділу 2.
11. У висновках необхідно було охарактеризувати основні одержані результати кількісно та чітко узгодити формулювання поставленої мети з фінальними науковими результатами для підкреслення повноти реалізації дослідницького задуму.

Висновок щодо дисертації в цілому

Дисертаційна робота Левицького Богдана Богдановича на тему «Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів малогабаритного самохідного обприскувача» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому розв'язано актуальну науково-прикладну задачу підвищення ефективності хімічного захисту рослин шляхом удосконалення конструкції малогабаритного обприскувача з обґрунтуванням конструктивно-технологічних параметрів пневмогідравлічної системи живлення розпилюючих пристроїв та стабілізації штанги.

На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень здобувачем отримано нові науково обґрунтовані результати, що мають суттєве значення для вдосконалення конструкцій машин для хімічного захисту рослин, зокрема у фермерських та підсобних господарствах. Уперше запропоновано динамічні моделі коливань штанги з урахуванням доданої маси для малогабаритного обприскувача, математичні моделі напружено-деформованого стану бака, розроблено конструкцію маятникової підвіски, захищену патентом України, яка забезпечує стабільність положення штанги під час роботи.

Актуальність і практична спрямованість дисертаційної роботи підтверджується впровадженням її результатів у виробничу діяльність машинобудівного підприємства та у навчальний процес. Достовірність отриманих результатів підтверджується високим рівнем кореляції

теоретичних і експериментальних досліджень, апробацією результатів на конференціях та публікаціями у фахових виданнях, зокрема у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних.

За змістом, обсягом виконаних досліджень, рівнем наукової новизни, теоретичною та практичною значущістю отриманих результатів, а також їх відповідністю вимогам пп. 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:

Кандидат технічних наук,
старший дослідник,
провідний науковий співробітник
відділу механіко-технологічних проблем
збирання і післязбиральної обробки
урожаю зернових та олійних культур
Інституту механіки та автоматики агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України

Віктор ШВИДЯ

