

РЕЦЕНЗІЯ

Васильковської Катерини Вікторівни, кандидата технічних наук, доцента
на дисертацію **Вовнянка Богдана Геннадійовича**
«ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СОШНИКА
ДЛЯ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР»,
що подається на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування
(галузь знань 13 – Механічна інженерія)

1. Актуальність теми

Сучасні тенденції інтенсифікації сільськогосподарського виробництва висувають підвищені вимоги до якості виконання технологічного процесу сівби, яка є основою при формуванні майбутньої врожайності. Ефективність виконання висіву в значній мірі залежить від злагодженої роботи всієї посівної системи, в тому числі і сошникової групи, яка безпосередньо взаємодіє із ґрунтовим середовищем та забезпечує просторове розміщення насіння. Отримання високих і стабільних врожаїв зернових культур неможливе без забезпечення заданої та рівномірної глибини загортання насіння, що безпосередньо впливає на дружність сходів, ріст і розвиток рослин та кінцеву врожайність. В зв'язку із цим вдосконалення конструкції робочих органів сівалок, зокрема сошників, є важливим і своєчасним науково-прикладним завданням.

Вирішення проблеми забезпечення стабільності глибини загортання насіння в умовах змінних ґрунтово-кліматичних факторів при зростанні робочих швидкостей посівних агрегатів набуває особливої значущості. Так як, навіть незначні відхилення глибини загортання призводять до істотних втрат врожайності. Існуючі конструкції сошників та їх додаткових елементів не повною мірою забезпечують необхідну якість виконання технологічного процесу, що обумовлює потребу в науковому обґрунтуванні їх конструкційно-технологічних параметрів.

Запропонований у дисертаційній роботі підхід до вдосконалення посівної секції із використанням утримуючої п'ятки та обґрунтування її параметрів відповідає сучасним вимогам розвитку аграрного машинобудування та має важливе практичне значення для підвищення якості висіву зернових культур.

2. Зв'язок дисертації з державними науковим програмами, планами, темами, пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки

Представлена дисертаційна робота виконана на базі Центральноукраїнського національного технічного університету (ЦНТУ) в рамках науково-дослідних робіт кафедри сільськогосподарського машинобудування на тему: «Обґрунтування параметрів загортаючих робочих органів для прямої сівби зернових культур» (РК 0112U006901) та відповідає Цілям сталого розвитку України до 2030 року, положенню Державної стратегії регіонального розвитку України на 2021-2027 роки, Стратегії розвитку Кіровоградської області на 2021-2027 роки.

3. Наукова новизна одержаних результатів і їх значення для науки та виробництва

Автором вперше розроблена математичну модель характеру процесу переміщення насіння від моменту виходу з насіннепроводу до його стабілізації на дні борозни з урахуванням комплексу впливових факторів, зокрема висоти падіння, твердості ґрунту, робочої швидкості та геометричних параметрів робочих органів. Отримані залежності описують процес відскоку насіння та формування його траєкторії, суттєво доповнюють існуючі наукові уявлення про механіку процесу сівби.

В дисертаційні роботі вперше обґрунтовано раціональні конструкційні параметри утримуючої п'ятки для роботи в складі посівної секції основу якої складає сошник з гострим кутом входження в ґрунт.

Також, автором експериментальним шляхом встановлені числові характеристики переміщення насіння різних культур за різних початкових умов контакту з ґрунтом.

Автором встановлені порівняльні якісні та енергетичні показники виконання технологічного процесу рядом основних типів сошників та експериментальної посівної секції, придатних для сівби насіння зернових культур, їх залежності від основних впливових експлуатаційних факторів.

Розрахунок прогнозованої економічної ефективності виконано за допомогою знов складеної програми, що виконана мовою програмування Python 3 та забезпечує автоматизований розрахунок всіх необхідних техніко-економічних показників.

На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень Вовнянком Б.Г. вирішено науково-технічну задачу підвищення ефективності процесу висіву за рахунок підвищення ефективності функціонування

загортаючих робочих органів посівних машин шляхом обладнання додатковими, утримуючими насіння, елементами та обґрунтування їх раціональних конструкційних і технологічних параметрів (патент України на корисну модель № 156272).

4. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Вовнянка Б.Г., забезпечується системним підходом до дослідження поставленої проблеми, коректною постановкою задач і використанням сучасних методів теоретичного та експериментального аналізу.

Достовірність отриманих результатів підтверджується застосуванням адекватного математичного апарату, зокрема використанням диференціальних рівнянь для опису руху насіння, а також сучасних методів чисельного моделювання із використанням спеціалізованого програмного забезпечення.

Обробка отриманих даних виконувалася за допомогою статистичних методів дисперсійного і регресійного аналізів та програмного забезпечення Microsoft Excel і Wolfram Cloud.

Результати теоретичних досліджень узгоджуються з даними лабораторних і польових експериментів, проведених із застосуванням як стандартних, так і розроблених автором методик та технічних засобів вимірювання.

Результати дисертаційної роботи викладені у висновках після кожного розділу, а також у 9 пунктах загальних висновків.

Перший пункт загальних висновків стосується фізико-математичного апарату руху насіння в системі подачі посівної секції із моменту виходу з насіннепроводу до набуття стану спокою на дні борозни. За допомогою програмного середовища Simcenter Star-CCM+ та моделювання у Wolfram Cloud складено і вирішено рівняння регресії для висоти відскоку насіння та довжини польоту насінини від твердості ґрунту, швидкості руху сівалки та висоти падіння для різних культур та встановлено раціональне значення довжини похилої частини утримуючої п'ятки для ряду культур (гороху, сої, ячменю та пшениці).

У **другому пункті** представлено комплекс експериментальних досліджень робочого процесу посівної секції з утримуючою п'яткою, який включає лабораторні дослідження для встановлення раціональних

конструктивних параметрів на основі центрального композиційного плану із обробкою даних у пакеті прикладної програми STATISTICA 12, а також дослідження характеру поведінки насіння чотирьох культур після контакту із ґрунтом, польові порівняльні випробування ряду типів загортаючих робочих органів, а також оцінку енергоємності робочого процесу, що забезпечує науково-методичну базу для обґрунтування раціональних параметрів утримуючої п'ятки та оцінки ефективності її роботи.

У **третьому пункті** наведено результати аналізу лабораторних досліджень функціонування посівної секції, які підтвердили достовірність значень ряду параметрів отриманих аналітичним шляхом та дозволили встановити раціональні значення додаткових параметрів конструктивних елементів утримуючої п'ятки сошника: ширину горизонтальної робочої частини п'ятки, м; кут нахилу робочої частини п'ятки до горизонту, кут нахилу щік п'ятки у поздовжньо-вертикальній площині, довжину похилої робочої частини п'ятки та повну довжина робочої частини п'ятки.

У **четвертому пункті** наведено результати процесу просторових переміщень посівного матеріалу після виходу з насіннепроводу і до набуття стану спокою на дні борозни є величина відскоку, яка залежить від двох основних факторів – висоти падіння та твердості поверхні ґрунту.

П'ятий висновок стосується порівняння різних видів сошників, як типових серійних посівних секцій, так і експериментальної, що мають доволі схожий характер залежності показника рівномірності загортання насіння по глибині – зі збільшенням глибини загортання рівномірність розподілу зростає а при збільшенні робочої швидкості знижується, але з різною інтенсивністю та фактичними значеннями показника.

Шостий пункт надає інформацію про те, що при обладнанні сошників додатковими конструктивними елементами, які призначені утримувати насіння на заданій глибині до засипання їх ґрунтом (полозковий сошник з п'яткою чи посівна секція з п'яткою) вони мають вищі показники якості порівняно з такими ж робочими органами без додаткових елементів. Встановлено, що експериментальна посівна секція характеризується кращим показником рівномірності загортання насіння, порівняно з іншими сошниками.

Сьомий пункт стосується результатів експериментальних досліджень. На значення фактичної глибини загортання насіння мають вплив як установча глибина так і робоча швидкість посівного агрегату, а рівень впливу обох факторів є практично однаковим. Сошники з гострим кутом входження в ґрунт (анкерний та долотовидний посівної секції) краще забезпечують задану

глибину загортання насіння і менше залежать від зовнішніх факторів та експлуатаційних умов.

Восьмий висновок стосується порівняння енергетичних показників експериментальної посівної секції та поширеного в посівних машинах дводискового сошника із прикочуючим котком свідчить, що зі збільшенням заданої глибини ходу сошника, як і при збільшенні робочої швидкості значення тягового опору зростає, фактор швидкості є більш впливовим.

У **восьмому пункті** приведено результати розрахунку економічної ефективності від впровадження результатів. Створена для автоматизації розрахунків економічної ефективності програма на мові Python з класом Economic Efficiency Calculator, що містить методи для кожного типу розрахунків, аналіз чутливості до зміни параметрів та порівняльний аналіз різних типів сошників підтвердила переваги запропонованої конструкції за показниками рівномірності загортання, відхилення заданої глибини, тягового опору. При цьому річний економічний ефект для споживачів, представлених фермерськими господарствами може досягатися за рахунок приросту урожайності 8...10%, економії.

Всі пункти висновків ґрунтуються на результатах досліджень приведених автором в матеріалах дисертації.

4. Повнота відображення результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертації представлені в 11 наукових публікаціях, зокрема: 5 статей у фахових наукових виданнях України (категорія Б) за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування; 1 патент України на корисну модель; 5 матеріалів та тез у збірниках конференцій.

Наведені публікації відображають основний зміст дисертації.

5. Відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертація Вовнянка Б.Г. є завершеною науковою роботою, складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

Обсяг роботи – 187 сторінок комп'ютерного тексту, зокрема, 33 сторінки додатків та 15 сторінок списку використаних джерел, який містить 132 найменування. Основна частина дисертації викладена на 187 сторінках тексту і містить 60 рисунків та 12 таблиць.

У вступі, відповідно до вимог, обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета та задачі досліджень, представлено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів наукових досліджень.

У першому розділі «Аналіз поширених способів сівби зернових сільськогосподарських культур, технічного забезпечення та рівень їх пізнання і обґрунтованості» проведено аналіз технічного забезпечення та аналітичного і експериментального дослідження процесів сівби зернових сільськогосподарських культур який свідчить про те, що одним із основних факторів, які суттєво впливають на кінцевий результат виробництва є рівномірність загортання посівного матеріалу по глибині. Визначено, що для забезпечення рівномірності загортання по глибині найбільш прийнятним, є обладнання загортаючих робочих органів додатковими конструкційними елементами для утримання насіння на заданій глибині до повного засипання ґрунтом.

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

Другий розділ «Теоретичні дослідження переміщення посівного матеріалу після виходу з насіннепроводу посівної секції» розроблено фізико-математичний апарат руху насіння в системі подачі посівної секції, який базується на системі диференціальних рівнянь, що враховують закони збереження імпульсу та моменту імпульсу. Основними силами, що впливають на рух насінини є аеродинамічний опір, сила тяжіння, сила градієнта тиску та контактної взаємодії насінини і границями. Для аналітичного розв'язання рівнянь було застосовано чисельне моделювання у програмному середовищі Simcenter Star-ССМ+, що забезпечило точне відтворення процесу та дозволило оптимізувати параметри посівних систем.

В результаті виконаного математичного моделювання отримані траєкторії руху насінин при їх падінні на рухому поверхню ґрунту під дією потоку повітря. Обробка даних у Wolfram Cloud дозволила визначити рівняння регресії для висоти відскоку та довжини польоту насінини від твердості ґрунту, швидкості руху сівалки v і висоти падіння та розташування нижнього обрізу насіннепроводу для різних культур (горох, соя, ячмінь, пшениця), адекватність яких підтверджено статистичним аналізом.

Також було отримано траєкторії руху насінини в системі подачі посівної секції, включаючи її відскок від рухомої поверхні ґрунту та утримуючої п'ятки. Аналіз отриманих залежностей показав, що ключовими факторами, які

впливають на висоту та довжину переміщення насіння, є швидкість руху сівалки, висота падіння насіння, кут нахилу утримуючої п'ятки, а також твердість ґрунту.

Визначено, що параметри п'ятки повинні забезпечувати ефективне присипання насіння ґрунтом без його зміщення, що досягається шляхом оптимального вибору ширини похилої частини п'ятки та кута нахилу бокових сторін. Оптимальним є варіант, при якому ширина похилої частини менша за ширину борозни, що дозволяє розділити потік ґрунту на два та уникнути небажаного зміщення насіння.

У **третьому розділі** «Програма та методика експериментальних досліджень» присвячений розробці методики та програмі експериментальних досліджень, а саме: визначенню раціональних конструктивних параметрів утримуючої п'ятки, проведення лабораторних досліджень по встановленню характеру поведінки посівного матеріалу після контакту з ґрунтом; перевірку в польових умовах якісного показника функціонування експериментальної посівної секції з запропонованим сошником; порівняльні польові випробування експериментальної посівної секції з найбільш поширеними загортаючими робочими органами; оцінку енергоємності робочого процесу експериментальної посівної секції.

Четвертий розділ «Результати експериментальних досліджень» містить результати аналізу лабораторних та польових досліджень основних раціональних параметрів утримуючої п'ятки, результати дослідження поведінки насіння окремих зернових культур після зіткнення з поверхнею ґрунту, результати польових досліджень якісних показників виконання технологічного процесу різними типами загортаючих робочих органів, результати енергоємності робочого процесу загортаючих робочих органів.

Результати досліджень підтверджують, що вдосконалена конструкція сошника зернової сівалки дає змогу покращити рівномірність розподілу насіння по глибині, а при збільшенні швидкості посівного агрегату із запропонованою конструкцією сошника, рівномірність загортання насіння лишається сталою.

П'ятий розділ «Прогнозована ефективність використання запропонованих технічних рішень» присвячено впровадженню отриманих результатів досліджень у виробництво. Розраховано прогнозовану економічну ефективність використання запропонованих технічних рішень.

Дисертаційна робота написана діловою українською мовою із дотриманням наукового стилю. Всі розділи дисертаційної роботи пов'язані

логічно і разом складають закінчену наукову роботу, яка вирішує наукову задачу. Зміст, форма подачі матеріалів досліджень відповідають вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

6. Дискусійні питання та зауваження щодо дисертації

6.1. Розділ I перевантажено об'ємом інформації, п. 1.1. можна було б прибрати.

6.2. Стор. 72. Схема на рис. 2.5. на швидкостях до 3 м/с, зазвичай, опором повітря нехтують, оскільки він несуттєво впливає на переміщення часки (насінини), з якою метою враховано опір повітря?

Для більшості сільськогосподарських культур при стандартній глибині висіву опором повітря можна знехтувати. Відстань від висівного апарату до борозни становить ≤ 15 см. Тому час польоту надзвичайно малий ($t \approx 0,1-0,2$ с). Відповідно швидкість не встигає зрости до значень, при яких сила опору повітря стане порівнянною з вагою насінини..

6.3. Стор. 75. Розділ «2.4. Методика чисельного моделювання руху насіння». При моделюванні роботи посівної секції враховано модель турбулентної течії із багатофазним середовищем, при цьому для моделі враховано динамічну в'язкість та турбулентне число Прандтля. На схемі установки рис. 2.1. немає конструктивних елементів, які б вказували на те що сівалка пневматична. Тому, врахування опору повітря, турбулентного числа Прандтля для самого насіння не має сенсу, оскільки масштаб турбулентності повітря занадто малий, щоб вплинути на траєкторію важкої насінини (гороху, сої, пшениці) на невеликій відстані.

6.4. Стор. 114. наведено рис. 3.11. Графік деформації пружини твердоміра. Яка необхідність давати графік? При використанні стандартного приладу, варто було б вказати його марку.

6.5. Стор. 126. останній абзац, вказано параметр оптимізації – коефіцієнт варіації ρ . Виникає питання, чому позначено ρ , а не загальноприйняте позначення V , або CV .

6.6. Стор. 138 п.4.3, перший абзац. Якщо мова йде про якісне виконання висіву, то кінцевим якісним показником виконання технологічного процесу буде отримана врожайність культури, а не валовий збір, який є кількісним показником.

6.7. Список використаних джерел оформлено не в єдиному стилі.

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та її наукову цінність.

Загальний висновок

Дисертація **Вовнянка Богдана Геннадійовича** на тему **«Обґрунтування раціональних параметрів сошника для сівби зернових культур»** є завершеною науково-дослідною роботою, в якій розв'язана конкретна наукова задача підвищенню ефективності функціонування посівних машин шляхом удосконалення будови загортаючих робочих органів та обґрунтування їх раціональних конструктивно-технологічних параметрів, що має важливе значення для галузі знань 13 Механічна інженерія, відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», вимогам постанови КМ України від 12 січня 2022 року № 44 «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а її автор **ВОВНЯНКО Богдан Геннадійович** заслуговує присудження йому ступеня **доктора філософії за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування (13 Механічна інженерія)**.

Офіційний рецензент:
кандидат технічних наук,
доцент, доцент кафедри
загального землеробства
Центральноукраїнського
національного технічного
університету



Катерина ВАСИЛЬКОВСЬКА

Підпис Васильковської К. В. засвідчує
Проректор з наукової роботи та
міжнародних зв'язків



Андрій ТИХИЙ