

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Державного біотехнологічного університету
доктору технічних наук, професору
Антощенкову Роману Вікторовичу

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Зеленського Олексія Петровича**
на тему **«Удосконалення та обґрунтування параметрів пневмосистеми
просапної сівалки»**, яку представлено на здобуття наукового ступеня
доктора філософії з галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю
133 – Галузеве машинобудування

Аналіз змісту дисертаційної роботи Зеленського О.П. на тему «Удосконалення та обґрунтування параметрів пневмосистеми просапної сівалки» дав змогу оцінити її наукову актуальність, обґрунтованість положень, новизну та достовірність отриманих результатів. Також визначено практичну цінність пропозицій рекомендованих за результатами дисертаційної роботи та сформульовано загальний висновок про значущість дослідження.

Актуальність теми дисертаційної роботи

Сівба є одним з важливих комплексних технологічних процесів у сільському господарстві, бо від неї залежить формування майбутнього врожаю. Одним із основних моментів на яку звертають аграрії, при підготовці до сівби, це на вибір сівалки та її налаштування. В час, коли у землеробстві домінує розвитокощадних технологій, це сприяє впровадженню докорінних, якісних змін та перетворень знарядь праці. Виходячи з принципу технологічної відповідності, найвища ефективність господарства, в контексті сівби, буде досягнута, коли рівень досконалості сівалки буде відповідати рівню технологічних умов застосування. Однією з перспективних технологій рослинництва є сумісні посіви, які спонукають господарства використовувати пневматичні сівалки нової топологічної конструкції. Однією з вагомих систем, у сівалки є пневматична система, стабільний повітряний потік гарантує нормальну роботу висівного апарату і як наслідок якісний висів. Дана дисертація стосується саме питань роботи пневматичної системи сівалок та націлена на удосконалення існуючих так і на розробку нових конструкцій, а також раціоналізацію та підвищення їх параметрів. У дисертаційній роботі сформульовано теоретичні основи та надано практичні

рекомендації, які охоплюють питання, щодо стабілізації повітряного потоку, удосконалення конструкції та підвищення ефективності роботи в цілому пневматичної системи, що відповідає вимогам як аграрій так і виробників сівалок. Отже робота є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дослідження, проведені в рамках дисертації, виконувались у Державному біотехнологічному університеті в рамках науково-дослідних робіт кафедри оптимізації технологічних систем: «Розробка та автоматизація механізованих і технологічних систем рослинництва», 0118U003319, 2018-2022 рр.; «Наукове обґрунтування, проектування, оптимізація технічних і технологічних систем та процесів агропромислового виробництва», 0113U008229, 2023-2027 рр.

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

Дисертація є завершеною науково-дослідницькою роботою, яка розкриває головні ідеї та здобутки здобувача, структура є логічною та типовою для такого характеру робіт. Отже, дана робота Зеленського О.П. написана українською мовою з використанням термінології притаманній даній області наукових досліджень та відповідає загальному стилю, містить анотацію, зміст, вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел та додатки. Загальний об'єм дисертаційної роботи відповідає вимогам.

У *вступі* викладено обґрунтування обраної теми, доведена її актуальність відповідно до сучасних наукових та практичних завдань. Представлено взаємозв'язок дисертаційного дослідження з науково-дослідницькими програмами та планами кафедри оптимізації технологічних систем. Чітко сформульовані мета, завдання, об'єкт і предмет дослідження, а також визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, визначено особистий внесок та представлені матеріали апробації здобутків.

Перший розділ присвячено вивченню проблеми та обґрунтуванню завдань дослідження. Проводиться аналіз технологічного процесу посіву, виділяється особливості впливу насіння просапних культур на конструктивні особливості висівного апарату. Розглядаються аеродинамічні та фізико-механічні характеристики досліджуваних культур. Приділяється увага моделі сипучого тіла, встановлено, що еквівалентний кут укладання частинок шарами буде кутом $\beta = 30^\circ$ та розглядається методологія з визначення швидкості вітання насіння, як ключового параметру для правильного вибору даних при проектуванні пневматичної системи сівалки. Аналізується робота відцентрового радіального вентилятора (ВРВ) та повітряний потік в

міжлопатковому каналі робочого колеса(РК) для подальшого визначення процесу проектування та напрямку розвитку конструкції.

У *другому розділі* показано обґрунтування застосування методів динаміки двофазних середовищ для опису роботи пневматичної системи сівалки. Для дослідження та розрахунку ВРВ представлена модель технологічного процесу, яка побудована на основі рівнянь суцільного середовища та розглянуто основні підходи моделювання газових потоків з використанням моделей турбулентності. Визначено, що при розгляді моделей турбулентності більш універсальною буде модель SST, яка б дала провести аналіз потоку як поблизу, так і в даліні від стінки досліджуваного об'єкту. Запропоновано методологія дослідження ВРВ за допомогою сучасних програмних комплексів таких, як ANSYS. Приймалось однокомпонентне не стисливе середовище, що описується рівняннями Нав'є-Стокса з урахуванням ефектів турбулентності. Проведено аналіз течії потоку в проточній частині та визначено, що при зменшенні масової витрати повітря G_m повний P_v та статичний тиск P_{sv} зростає, а ККД знижується. Зроблено аналіз зміни параметрів вздовж проточної частини ВРВ нової конструкції так і класичної: зміна повного P_v , статичного тиску P_{sv} , зміна абсолютної C та відносної швидкості W . Вентилятор нової конструкції відносно класичного, віддає повітряному потоку більше енергії на 11% у середньому та приблизно на 16% більше створює статичний тиск P_{sv} .

Третій розділ присвячений теоретичному обґрунтуванню обчислювального експерименту. Висвітлюється процес математичного моделювання розподілу енергії у проточній частині ВРВ. Проведено дробовофакторний експеримент для ВРВ заводського виконання, який містив п'ять факторів (частота обертання n , кут входу β_1 та виходу β_2 , кількість лопаток $Z_{РК}$ та масова витрата повітря G_m) дослідження та три рівні натуральних значень. Виведено рівняння регресії за результатами проведених вимірювань та обчислень процесу створення статичного тиску, за критерієм Фішера модель адекватна. Отримані поверхні відгука дали можливість представити картину поведінки повітряного потоку в ВРВ, спираючись на функцію $P_{sv} = f(G_m)$, визначили що при збільшенні витрати повітря G_m росте і статичний тиск P_{sv} , а це вказує, що потрібно вносити конструктивні зміни до конструкції. В роботі висвітлено результати дробовофакторного експерименту для нової конструкції ВРВ, в ході обробки результатів експерименту було отримано рівняння регресії у вигляді полінома другого ступеня, що дало можливість оцінити вплив коефіцієнтів при незалежних факторах, які відображають дійсний ступінь впливу

значимих змінних факторів на значення поверхні відгуку. Проаналізувавши поверхні відгука нової моделі робочого колеса(РК) та заводської моделі, встановлено, що отримані значення P_{sv} лежать в межах від 10802,6 до 9243,5 Па в залежності від масової витрати повітря(G_m) в межах від 0,20 до 0,366 кг/с, визначили, що при $G_m = 0,20$ кг/с абсолютна похибка P_{sv} становить 31%, а при $G_m = 0,366$ кг/с абсолютна похибка P_{sv} буде 8%, на користь нової конструкції РК. Висновок, в середньому на досліджуваному інтервалі G_m значення P_{sv} приблизно на 20% більше за величину P_{sv} РК класичної конструкції.

Четвертий розділ повністю присвячений експериментальним дослідженням параметрів повітряного потоку в проточній частині ВРВ. Для проведення лабораторних експериментів та випробування РК ВРВ було побудовано два стенди та представлено методику проведення випробувань і аналізу вимірюваних величин. Виконані порівняльні дії результатів здобутих під час випробувань. В ході аналізу нової моделі ВРВ, встановлено, що абсолютна похибка між експериментом і теоретичним дослідженням для P_{sv} , складає від 5 до 15%, в залежності від G_m , а для класичного ВРВ, абсолютна похибка між експериментом і теоретичним дослідженням для P_{sv} , складає від 3 до 8%, в залежності від G_m . За результатами дослідження встановлено, що в діапазоні малих масових витрат повітря G_m діапазон стійкої роботи ВРВ обмежений та лежить на межі зриву, як наслідок спостерігається виникнення коливань значень G_m та P_{sv} та збільшення навантаження на лопатки, а при наближенні до максимального значення G_m спостерігається таке явище, як замикання. Результати експериментальних досліджень дають можливість дати рекомендації, щодо змін та удосконалення конструкції ВРВ. Рекомендовано встановити спрямлюючий апарат та поверхню конусоподібної форми «кокіль» на вході РК, змінити форму трійника та провести оптимізацію повітряних магістралей.

П'ятий розділ присвячений аналізу оцінки ефективності розробленої пневматичної системи за результатами експериментально-виробничих випробувань серійного ВРВ (А-01) в складі модернізованої під змішані посіви сівалки VEGA 8 PROFI виробництва АТ «Ельворті» (м. Кропивницький) та дослідного зразка ВРВ (А-02), що виготовлений у відповідності до технічного завдання дослідного зразка в рамках дисертації. Випробування проводили на полях господарства ТОВ «Дельта» (м. Харків) на протязі 2 років. Оцінка впливу модернізацій проведена за параметрами оцінки дотримання норми висіву насіння сої, кукурудзи та показників якості його розподілу вздовж лінії рядка. Для моделі ВРВ (А-01) значення

поздовжніх інтервалів кукурудзи a_i між рослинами для чотирьох повторностей дослідів становить 212,01 мм, фактична норма висіву від плану 96,26%, розбіжність величини $\bar{a}$ – 6,72 мм, а для нової моделі ВРВ (А–02) a_i між рослинами 209,86 мм, фактична норма висіву 97,25%, точність дотримання норми висіву склала 0,99%, розбіжність величини $\bar{a}$ – 2,96 мм. Коефіцієнт варіації ϑ_a , (%) поздовжніх інтервалів a_i для моделі (А–01) дорівнює 39,95 %, а для (А–02) дорівнює 36,67 %, що на 3,28% менше за попередню модель, а це вказує на більш стабільну роботу модернізованої конструкції, прояв лежить у системності покращення показників. За результатами виробничих випробувань, встановлено, що кількість кукурудзяно-соевої силосної маси, при моделі (А–01), становить 56,5 т/га, а при моделі (А–02) – 62,4 т/га, що показує збільшення силосної маси на 10,4 %. Тому рекомендації змін до ВРВ є позитивним рішенням.

Висновки по роботі сформовані чітко як з теоретичної так і практичної точки зору й повністю пояснюють узагальнений результат здобутий в ході науково-дослідницької дисертаційної роботи та надають рекомендації виробництву, відповідають вимогам, що висуваються на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури показує плідну роботу здобувача та повною мірою охоплює предметну галузь.

Додатки до роботи містять акти впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво, що підтверджує значимість одержаних результатів.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукову новизну отриманих результатів досліджень становить:

- розроблена регресійна математична модель, що встановлює функціональні зв'язки між параметрами відцентрового радіального вентилятора та параметрами пневматичного потоку висівних апаратів сівалки;
- запропонована модель, що враховує мінімальний вакуумний рівень, потрібний для стабільного функціонування сучасних висівних апаратів із високою щільністю посіву;
- удосконалено модель розподілу повітряних потоків відповідно до топологічних особливостей пневматичної системи сівалки;
- запропоновано і обґрунтовано параметри вентилятора з впровадженням інноваційного кокелю, що оптимізує напрямок повітряного потоку на вході;

– проведено теоретичне обґрунтування модернізації загальної топології пневматичної системи із синхронізацією параметрів її складових.

Достовірність отриманих результатів і висновків

Достовірність отриманих результатів та висновків в рамках дисертації забезпечується використанням основних законів, теорій, моделей та методів точного чи наближеного чисельного розв’язання поставлених задач та всебічному аналізі результатів одержаних за різних умов та методів. Надійність і аргументованість наукових висновків підтверджується використанням апробованих у газовій динаміці аналітичних та чисельних методів для вирішення задач, що описують рух повітряного потоку, співставленням результатів моделювання з експериментальними вимірюваннями та досвідом їх практичного застосування.

Практичне значення одержаних результатів та рекомендацій щодо їх подальшого використання

Отримані результати мають практичну цінність та підтверджують доцільність проведення вдосконалення конструкції пневматичної системи сівалки. Така модернізація сприяє підвищенню ефективності роботи відцентрового радіального вентилятора та як наслідок підвищується якість висіву основних просапних культур. В ході проведених теоретичних, експериментальних досліджень та польових випробувань на базі ТОВ «Дельта» (м. Харків), були сформульовані рекомендації по оптимізації ВРВ АТ «Ельворті», прийнято рішення до подальшого впровадження у серійне виробництво. Розроблена методика та лабораторний стенд для проведення досліджень і порівняльних випробувань РК та висівних апаратів, цей стенд може бути використаний в освітньому процесі на кафедрі агроінженерії Державного біотехнологічного університету для підвищення рівня підготовки спеціалістів.

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

Структура дисертаційної роботи є послідовною, а сформульовані висновки та рекомендації логічно впливають із результатів, здобутих у процесі дослідження та викладених у відповідних розділах.

Проведено перевірку дисертації на наявність академічного плагіату, отримані результати свідчать про індивідуальність виконаної роботи. По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль. У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

Дисертація Зеленського О.П. базується на достатній кількості публікацій – 23 наукових працях: в 4 наукових статтях фахових видань; у 3 – закордонних виданнях, що включені до міжнародної бази даних Scopus; у 16 тезах доповідей. Результати та матеріали оприлюднені у наукових публікаціях не мають порушень принципів академічної доброчесності та плагіату. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано.

Недоліки, зауваження та побажання до дисертаційної роботи

1. В табл. 1.3 приведені відомі дані, в яких немає потреби в подальшому. Достатньо привести середні значення величин довжина, ширина, товщина.

2. Автор вводить та часто використовує поняття «частинка повітряного потоку». Доцільніше говорити про елементарний об'єм, як уявний нескінченно малий об'єм.

3. Стор. 61 за своїм змістом є введенням до побудови математичної моделі, а тому має бути перенесеною до першого розділу.

4. Скалярний добуток двох векторних величин ***un*** (вираз 2.20) відповідає загально прийнятому методу запису, отже не вимагає додаткових роз'яснень, а от жирність написання позначень ***u*** і ***n*** треба контролювати в залежності від того про що, йде мова, про скаляр, чи про вектор (стор. 65).

5. Рівняння регресії (3.100) наведено в декодованому вигляді (3.101), але графіки та аналіз стосуються кодованої форми (3.100). Краще було б аналізувати форму (3.101).

6. Третій розділ переобтяжено проміжними викладками планування обчислювального експерименту. Значну частину цього матеріалу варту було винести в додатки.

7. В підрисунковому напису до рис. 4.17 замість $f(G_m) = n$ треба писати $G_m = f(n)$ або $G_m(n)$.

8. Пояснення до рис. 4.17, 4.18 та 4.19 недостатні. Особливо хотілося б знати причини появи зламів на кривих 1 та 2.

9. Перший пункт висновків до розділу 4 написаний як перелік зробленої роботи і не містить цікавої для інших дослідників інформації.

10. Загальний висновок три пояснює, що для забезпечення стійкої працездатності ВРВ на всіх режимах потрібно знати відповідну максимальну продуктивність: при максимальній ширині захвату, при максимальній швидкості руху та при максимальній щільності частинок, при максимальній нормі висіву, а також мінімальну продуктивність. Висновок має характер констатації факту виконаної роботи.

Загальний висновок

Дисертаційна робота **Зеленського Олексія Петровича** на тему **«Удосконалення та обґрунтування параметрів пневмосистеми просапної сівалки»** є завершеним науковим дослідженням, що відзначається науковою новизною, важливими теоретичними та практичними значеннями. Дана робота виконана на високому науковому рівні та 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 КМУ від 12 січня 2022 р. № 44 та є завершеною науковою працею, а опубліковані наукові праці у повній мірі відображають її зміст. Дисертаційна робота повністю відповідає галузі знань 13 – Механічна інженерія спеціальності 133 – Галузеве машинобудування.

Отже, вважаю, що дисертаційна робота здобувача **Зеленського Олексія Петровича** на тему **«Удосконалення та обґрунтування параметрів пневмосистеми просапної сівалки»** може бути допущена до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді, а здобувач заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування галузі знань 13 – Механічна інженерія.

Рецензент,
професор кафедри агроінженерії
Державного біотехнологічного університету,
доктор технічних наук, професор

Микола Артьомов