

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

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора кафедри сільськогосподарського машинобудування Сало Василя Михайловича на дисертаційну роботу **Зеленського Олексія Петровича «Удосконалення та обґрунтування параметрів пневмосистеми просапної сівалки»**, яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

Актуальність теми дисертаційної роботи. Посів одна із головних операцій в рослинництві. Протягом багатьох років, виробники посівної техніки віддають перевагу випуску пневматичних сівалок. Такі сівалки дозволяють споживачам, отримувати високу точність висіву, універсальність, можливість роботи в різних умовах, а також зменшити витрати ресурсів та часу і як наслідок, господарства, отримують зростання ефективності власного виробництва. В той же час, такі сівалки мають ряд недоліків, зокрема, не гарантована стабільність роботи пневматичної системи, що призводить до порушення точності дозування, з'являються пропуски та здвоєння насіння, зниження ефективності висіву в цілому.

Тому, представлена робота є актуальною і спрямована на вирішення задач, що виникають при експлуатації пневматичних сівалок, а саме підвищення якості та ефективності їх роботи. Вирішити зазначені питання можливо шляхом удосконалення конструкції пневмосистеми, висівних апаратів та узгодження і оптимізації їх режимів роботи.

Теоретичні основи та практичні рекомендації, щодо удосконалення пневматичної системи сівалки, а саме відцентрового радіального вентилятора,

пневматичних трубопроводів, є важливим завданням для покращення конструкції пневматичних сівалок та сприяє розвитку наукових досліджень процесів висіву сільськогосподарських культур.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на базі Державного біотехнологічного університету 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..

Наукова новизна одержаних результатів і їх значення для науки. Наукову новизну отриманих результатів досліджень становлять:

- розроблено регресійну математичну модель, що описує функціональні залежності між характеристиками відцентрового радіального вентилятора та параметрами пневматичного потоку висівних апаратів сівалки;
- створено регресійну математичну модель, яка визначає взаємозв'язок параметрів роботи пневмосистеми з урахуванням мінімального рівня вакууму, потрібного для стабільної роботи при використанні сучасних висівних апаратів високої щільності;
- удосконалено регресійну математичну модель, що встановлює взаємозалежність параметрів пристроїв для розподілу повітряних потоків відповідно до вимог топології пневмосистеми сівалки;
- обґрунтовано параметри відцентрового радіального вентилятора з урахуванням використання запропонованої конструкції кокелю, яку встановлено на вході у вентилятор для випрямлення повітряного потоку;
- теоретично обґрунтовано вдосконалення загальної топології пневматичної системи сівалки та здійснено узгодження параметрів її елементів

Практичне значення результатів, що отримані дисертантом полягає в удосконаленні конструкції пневматичної системи сівалки точного висіву, що призвело до підвищення ефективності застосування модернізованого

відцентрового радіального вентилятора та, як наслідок, до зростання якості висіву просапних культур. На основі отриманих результатів теоретичних та експериментальних досліджень, а також підтверджених польовими випробуваннями на полях ТОВ «Дельта» (м. Харків) були дані рекомендації, щодо удосконалення конструкції вентилятора та прийнято рішення до розгляду з метою впровадження в серійне виробництво на підприємстві АТ «Ельворті». Методики дослідження та дослідницьке обладнання, яке було задіяне в ході дисертаційного дослідження можливо використовувати в учбовому процесі в якості лабораторного оснащення.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Представлена дисертаційна робота здобувача являє собою завершене наукове дослідження, у якому висвітлені основні ідеї та результати, висновки та рекомендації достовірні та достатньо обґрунтовані.

В рамках дисертаційної роботи, здобувач приділив увагу аналізу сучасних наукових робіт та публікацій, технічній літературі, щодо пневматичних систем сівалки, а також фізико – механічним та аеродинамічним властивостям просапних культур. В роботі в достатній кількості представлено методології досліджень та розрахунків робочих процесів та конструкцій об'єкта вивчення, вміння використовувати вимірювальні прилади, та застосовувати адитивні технології. Графічний матеріал, таблиці, описи є достатнім пояснювальним доповненням до розкриття суті роботи. Здобувач показує ґрунтовну математичну та технічну підготовку, володіння сучасними цифровими методами проектування та розрахунку технічних систем. Застосовує в своїй роботі сучасні пакети як MathCAD, ANSYS, SolidWorks та інші.

Результати досліджень, проведених здобувачем, в рамках дисертаційної роботи викладені у висновках після кожного розділу, та у загальних висновках по всій роботі.

Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих роботах. Результати дисертаційної роботи підтверджуються опублікованими

в 23 наукових працях: в 7 наукових статтях у вітчизняних та зарубіжних фахових журналах, рекомендованому ВАК Міністерства освіти та науки України (де 3 з них у Scopus); у 16 тезах доповідей. Результати досліджень представлені на наукових конференціях в якості доповідей та обговорень на робочих секціях та отримали позитивні відгуки. В ході обговорень, велика увага приділялась обґрунтуванню особливостям функціонування пневмосистеми сівалки в режимі мінімальних втрат вакууму, аналізу запропонованих математичних моделей на адекватність реальним процесам, що відбуваються в системі та ефективність запропонованих інженерно-технологічних рішень стосовно проектування та удосконалення ВРВ. В рамках дисертаційної роботи одержані результати та зроблені висновки опубліковані у співавторстві, не мають повторювань, дублювань та конфліктів з іншими співавторами.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, що складаються зі 168 найменувань, 2 додатків. Основний зміст роботи викладено на 232 сторінках машинописного тексту, включаючи 80 рисунків та 29 таблиць.

У **вступі** приведено обґрунтування обраної теми, визначена актуальність дисертаційної роботи здобувача, наведено зв'язок роботи з науково-дослідницькими програмами та планами кафедри оптимізації технологічних систем. Сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Приведено інформацію стосовно апробації отриманих результатів, які було представлено в публікаціях та обговорено на міжнародних науково-технічних конференціях, приведена загальна характеристика роботи.

У **першому розділі** розглянуто фізико - механічні властивості насіння просапних культур. Проаналізовано вплив повітряного потоку на посівний матеріал. Визначено потрібний перепад статичного тиску в пневмосистемі для присмоктування насіння просапних культур до отворів висівного диска.

Процес проектування відцентрового радіального вентилятора полягає у пошуку оптимальних геометричних та кінематичних характеристик, які забезпечують високу ефективність роботи сівалки. Розглянуто характер повітряного потоку в криволінійному міжлопатевому каналі робочого колеса ВРВ, встановлено вплив сил, які діють на повітряний потік.

У **другому розділі** розглянуто математичне моделювання робочого процесу пневматичної системи сівалки. Для математичного опису роботи пневматичної системи сівалки, здобувач, застосував метод динаміки двофазних середовищ. За допомогою використання пакета CFD та CFX програмного комплексу ANSYS розглянуто моделювання тривимірного в'язкого перебігу повітряного потоку у вентиляторі. Розроблено методологію дослідження та встановлення енергетичних показників роботи ВРВ використовуючи CFD метод. Для вирішення рівняння Нав'є–Стокса, у програмному пакеті CFD використовували метод кінцевих різниць (FDM), метод кінцевих об'ємів (FVM) та метод кінцевих елементів (FEM). Проведено аналіз течії потоку повітря в проточній частині ВРВ та запропоновано методику чисельного моделювання просторового перебігу повітряного в характерних перерізах проточної частини ВРВ. Зроблено аналіз зміни параметрів вздовж проточної частини ВРВ: зміна повного P_v , статичного тиску P_{sv} , зміна абсолютної C та відносної швидкості W , та встановлено зв'язок між цими параметрами.

У **третьому розділі** проведено теоретичне обґрунтування обчислювального експерименту, проаналізовано рівні чинників, що впливають на досліджувану модель. На підставі математичного планування експерименту здобувачем емпіричним шляхом встановлено, рівні чинників, які змінюють величину статичного тиску P_{sv} . За результатами факторного експерименту було отримано рівняння регресії та проведено його аналіз. Зроблено висновок, що до конструкції ВРВ та пневматичної системи. Зокрема рекомендовано змінити геометричні параметри робочого колеса. На основі одержаного рівняння регресії встановлено значення P_{sv} в межах від 10802,6 до

9243,5 Па в залежності від значення G_m в межах від 0,20 до 0,366 кг/с. На основі поверхонь відгуків визначили, що при масовій витраті повітря $G_m = 0,20$ кг/с абсолютна похибка P_{sv} становить 31%, а коли масова витрата повітря $G_m = 0,366$ кг/с абсолютна похибка P_{sv} буде 8%, на користь конструкції вентилятора у новому виконанні.

У **четвертому розділі** в дисертаційній роботі приділено увагу лабораторним експериментам для оптимізації параметрів та режимів роботи ВРВ. Розроблено стенд для випробування робочих коліс ВРВ, для перевірки адекватності запропонованих математичних моделей. Проведено порівняння теоретичних та експериментальних даних здобутих під час випробувань. Здобувачем встановлено, що для нової конструкції ВРВ, абсолютна похибка між експериментом і теоретичним дослідженням P_{sv} , складає від 5 до 15%, в залежності від G_m . Для серійного ВРВ, абсолютна похибка між експериментом і теоретичним дослідженням P_{sv} , складає від 3 до 8%, в залежності від G_m . Запропоновано внести зміни до конструкції пневматичних трубопроводів, змінити форму та розміри «трійника», встановити перепускний клапан в висівний апарат з механічним або електронним керуванням, додатково встановити спрямляючий апарат та поверхню конусоподібної форми «кокіль» на вході РК.

У **п'ятому розділі** проведено оцінку ефективності роботи пневматичної системи сівалки. Застосування модернізованої пневматичної системи в конструкції експериментальної просапної сівалки VEGA 8 PROFI виробництва АТ «Ельворті» дозволило підвищити якість висіву основних просапних культур. Зокрема зменшення коефіцієнта варіації поздовжнього інтервалу між рослинами в рядку для кукурудзи становить 3,28%, а для сої — 2,23%. Досягнуте покращення агротехнічних параметрів висіву просапних культур є важливим аргументом для вибору запропонованого варіанту ВРВ (А-02). Встановлено, що економічна оцінка, виконаних удосконалень, яка досягнута шляхом підвищення якості висіву та сприяє підвищенню врожайності при змішаних посівів сої з кукурудзою і дає приріст в масовому еквіваленті кукурудзяно-соевого силосу 10,4%, а в грошовому еквіваленті це становить 11,8%. На

основі отриманих результатів, в рамках дисертаційної роботи, щодо удосконалення конструкції вентилятора, АТ «Ельворті» прийнято рішення взяти до розгляду зміни в пневматичній системі сівалки з метою подальшого впровадження в серійне виробництво.

Загальні висновки виконана дисертаційна робота дає можливість узагальнити отримані наукові та практичні результати.

Додатки, до дисертаційної роботи здобувача, стосуються впровадження наукових досліджень у виробництво.

Ідентичність змісту анотацій та основних положень дисертації. Зміст анотацій українською та англійською мовами відображає зміст дисертації та в цілому обсязі висвітлює її основні результати та висновки.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. На підставі ретельного аналізу тексту дисертаційної роботи, вивчення опублікованих наукових праць здобувача, а також розгляду звіту з перевірки рукопису за допомогою електронного антиплагіатного сервісу, не встановлено фактів порушення академічної доброчесності. Всі викладення автором в рамках дисертаційної роботи, ідеї, цитати, результати інших науковців супроводжуються відповідними бібліографічними посиланнями, що дозволяє зробити висновки про дотримання норм наукової етики.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації:

1. На стор. 33 в табл. 1.1. йде мова про «кліщевину». На українській мові правильно писати рицина (*Ricinus*). До того ж гарбуз не є просапною культурою, хоча і може бути висіяним просапною сівалкою.

2. В першому розділі часто йде мова про «присмоктуючий отвір» краще писати про «отвір для присмокування».

3. В другому розділі введено до розгляду двофазне середовище «двофазна суміш, що складається з газу та зважених у них твердих частинок» але немає достатнього пояснення до якої частини пневмосистеми це середовище має відношення? Зрозуміло, що до роботи вентилятора це ніякого відношення не має.

4. Пункт другого розділу «2.3. Методологія дослідження» займає 31 сторінку. Значну частину цих викладок варто перенести в додатки.

5. Не ясно, для чого потрібний третій розділ. У висновках попереднього розділу немає достатнього обґрунтування необхідності подальших досліджень.

6. В третьому розділі одержано рівняння регресії (3.38) і в подальшому наведено його аналіз, а варту було б спочатку перейти до декодованого вигляду (до дійсних змінних), а вже потім проводити аналіз. Те ж саме стосується рівняння регресії (3.61), (3.127) і (3.131).

7. Не зрозуміло, чому перепускний клапан (рис. 4.5) має бути встановленим саме вертикально. В підрисунковому написі є помилки в нумерації позицій.

8. 18. Геометрія каналу перепускного клапану на рис. 4.6 - 4.10 не відповідає рис. 4.5.

9. Рис. 4.7 - 4.10 підписані як «Математична модель...». Не зрозуміло, чому так?

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.

Дисертаційна робота Зеленського Олексія Петровича на тему «Удосконалення та обґрунтування параметрів пневмосистеми просапної сівалки», подана до спеціалізованої вченої ради для захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 «Механічна інженерія», за рівнем актуальності, наукової новизни, обґрунтованості положень, достовірності отриманих результатів, практичної значущості, а також за повнотою їх апробації та оприлюднення у фахових наукових виданнях, 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 (із змінами, внесеними постановою КМУ № 507 від 03 травня 2024 року). З огляду на викладене, вважаю, що Зеленський Олексій Петрович – заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» з галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Офіційний опонент:

професор кафедри сільськогосподарського
машинобудування, Центральноукраїнського
національного технічного університету,
Міністерства освіти і науки України,
доктор технічних наук,
професор

Василь САЛО