

**ВІДГУК**  
офіційного опонента  
на дисертаційну роботу Зеленського Андрія Петровича  
**«Розробка та обґрунтування параметрів індивідуального вентилятора  
пневматичного висівного апарату просапної сівалки»**  
представленої на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 13 – «Механічна інженерія»  
за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування»

**Актуальність теми дисертації**

Використання вакууму для індивідуального висівного апарату дозволяє підвищити точність дозування та транспортування для висаджування в ґрунт з великим ступенем надійності та уможливорює адаптивне керування окремо для одного висівного апарату. При цьому є можливість індивідуальної зміни в конструкції висівного агрегату (заміна диска-дозатора або регулювання отворів в ньому) дозволяє адаптувати висівні апарати до культури, незалежно один від одного. Це уможливорює одночасне висівання різних просапних культур відповідно до черговості рядків висівання. Використання пневматичних сівалок, сконструйованих за індивідуальним модульним принципом, дозволяє нарощувати їх продуктивність та адаптованість до мінливих умов за рахунок додавання нових модулів. Це уможливорює забезпечити високу точність висіву, стійке дозування насіння та високу швидкість посіву, що відповідно підвищить ефективність посівних процесів та використання засобів механізації в умовах мінливості аграрних технологій та вимог до сільськогосподарського виробництва.

Тому розробка та обґрунтування параметрів індивідуального вентилятора пневматичного висівного апарату просапної сівалки, що враховує газодинамічні процеси при генеруванні вакууму, є актуальною темою дисертаційних досліджень.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Обґрунтованість та достовірність наукових положень і висновків дисертації зумовлені проведеним порівняльним аналізом літературних джерел стосовно теми дисертації, застосуванням відомого математичного апарату для побудови моделей, коректністю постановки й вирішення завдань досліджень, застосуванням експериментальних досліджень для перевірки отриманих теоретичних результатів.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. вперше розроблена регресійна математична модель, що встановлює функціональні взаємозв'язки між геометричними, газодинамічними і кінематичними параметрами індивідуального відцентрового радіального вентилятора та створюваним ним повним тиском у робочій камері висівного апарату сівалки;

2. вперше встановлено функціональні взаємозв'язки між геометричними і раціональними значеннями режимних параметрів роботи облаштованого індивідуального відцентрового радіального вентилятора висівного апарату в залежності від якісних показників процесу присмоктування посівного матеріалу до поверхні висівного диску;

3. набуло подальшого розвитку залежність параметрів вакууму в робочій камері висівного апарату у функції від конструктивних та регульованих параметрів перепускного клапану, що уможливорює регулювання і стабілізацію тиску в робочій камері висівного апарату.

Поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання з розроблення моделі функціонування пневмосистеми сівалки в режимі мінімальних втрат вакууму на основі математичної моделі повітряного потоку у магістралях та агрегатах повітряної системи сівалки, а також розроблення регресійних залежностей робочого процесу створення вакууму відцентровим вентилятором, які б уможливили обґрунтування раціональних параметрів із урахуванням варіабельності конструкцій висівних апаратів та фізико-механічних властивостей насіння та експериментально довести адекватність реальним процесам запропонованих математичних моделей, що забезпечує підвищення якості висіву насіння просапних культур виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеності, дотримання принципів академічної доброчесності.**

Зміст дисертації розкриває вирішення поставлених завдань та досягнення мети дослідження. Робота має характер завершеної наукової праці. Текстова частина містить належним чином оформлені посилання на використані джерела. Робота побудована в логічній послідовності, викладений матеріал систематизовано, стиль викладення результатів досліджень забезпечує доступність їх сприйняття.

Звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння свідчить, що дисертаційна робота Зеленського Андрія Петровича є

результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, плагіату та запозичень.

Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури зі 167 найменувань, 2 додатків. Основний зміст роботи викладено на 200 сторінках машинописного тексту, включаючи 69 рисунків, 20 таблиць.

У **вступі** обґрунтовано актуальність задачі дослідження, сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Також наведено дані про особистий внесок здобувача, апробацію результатів роботи і перелік публікацій здобувача.

**Перший** розділ присвячено аналізу відомих інженерно-технологічних рішень стосовно висіву насіння просапних культур. Проаналізовано особливості технології посіву просапних культур та фізико-механічні характеристики їх насіння. Розглянуто конструкції висівних систем для насіння просапних культур, розроблено класифікацію просапних сівалок за конструкцією висівних апаратів, типом робочих органів, принципом і способу посіву. Детально проаналізовані висівні апарати та вентиляторні системи для створення вакууму-надлишкового тиску в пневмосистемі висівному апараті. Виділено задачі, вирішення яких дасть можливість підвищити контроль та керованість процесами відбору і транспортування насіння пневматичним висівним апаратом просапної сівалки.

У **другому** розділі, математичне моделювання робочого процесу пневматичної підсистеми висівного апарату, приведено характеристику мережі пневматичної системи сівалки та робочу характеристику вентилятора, що дозволило встановити режими пневматичної системи висівного апарату та обґрунтувати методи регулювання роботи відцентрового радіального вентилятора. Для конструкції радіального вентилятора розроблена методологія визначення основних геометричних та кінематичних параметрів робочого колеса. Отримано залежність для моделювання напору в функції від кінематичних і геометричних параметрів відцентрового радіального вентилятора. Розроблений алгоритм розрахунку параметрів протічної частини індивідуальної пневматичної системи сівалки блочного типу з індивідуальним відцентровим радіальним вентилятором.

У **третьому** розділі, теоретичне обґрунтування обчислювального експерименту, представлено математичну модель розподілу повітряного потоку у проточній частині. Представлено стенд для експериментальних досліджень. Розроблена матриця факторного обчислювального експерименту із відтворення характеристики індивідуального відцентрового радіального вентилятора, опрацювання даних проведено в програмному комплексі ANSYS. Геометрію

досліджуваного повітряного простору, індивідуального відцентрового вентилятора, змодельовано із тривимірної моделі САПР у програмному комплексі ANSYS Workbench 2019 R2. Проведено моделювання турбулентності повітряного потоку у програмному комплексі Ansys CFX. Розроблений ротатабельний план другого порядку, сформовано матрицю планованого факторного експерименту, отримано математичну модель розподілу тиску у проточній частині пневматичної системи сівалки блочного типу. Проведено канонічне перетворення регресійної залежності другого порядку для аналізу поверхні відгуку.

У **четвертому** розділі, дослідження перебігу повітряного потоку в проточній частині пневматичної системи блочного типу сівалки, приведено програму лабораторних досліджень, проаналізовано особливості роботи відцентрового радіального вентилятора, розроблена методика вимірювання параметрів тиску та температури загальмованого повітряного потоку, обґрунтовані спрощення для розроблення моделі повітряного потоку. Описані безрозмірні коефіцієнти повітряного потоку та проведено аналіз статичного тиску пневматичної системи сівалки блочного типу за допомогою програмного комплексу ANSYS на основі створеної в програмному комплексі Solidworks 3D твердотільної геометричної моделі, що з максимальною точністю імітує внутрішній обсяг проточної частини системи. Наведено вплив геометричних параметрів робочого колеса індивідуального відцентрового радіального вентилятора, що працює у пневматичній системі сівалки на рівень вихрових втрат.

В **п'ятому** розділі, аналіз ефективності застосування модульної пневматичної системи сівалки, наведено компонувальні переваги модульної пневматичної системи, оцінено керованість і стабільність умов висіву насінні висівним апаратом обладнаним розробленою індивідуальною пневмосистемою.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Матеріал дисертаційного дослідження викладений послідовно та доступно, містить загальноприйнятту та спеціалізовану термінологію відповідно галузевого машинобудування.

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Основні результати дисертаційного дослідження повністю відображені у 23 наукових публікаціях, з яких 7 статей у наукових фахових виданнях України, з

яких 3 – проіндексовані у наукометричній базі Scopus, у 16 матеріалах наукових конференцій. Також результати дисертації були апробовані на 8 міжнародних та всеукраїнських фахових конференціях.

Наукові публікації здобувача виконані на належному науковому рівні із дотриманням принципів академічної доброчесності, основні положення публікацій є особистим внеском здобувача.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Розроблені інженерно-технологічні рішення використано при модернізації центрального вентилятора пневмосистеми сівалки Vega 8 Profi виробництва АТ «Ельворті».

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. Наведені рисунки, які не є власністю автора, при їх підписі доцільно вказувати посилання на джерело походження.

2. Залежність (2.22) має одиницю розмірності ( $\text{H/m}^2$ ), а залежність (2.24) за однакового позначення ( $p_{\infty}^*$ ) має одиницю розмірності (м). Необхідно різні позначення змінних у залежностях з різними одиницями розмірності.

3. На рис. 2.9 доцільно було дати одиниці розмірності по координатних осях.

4. З яких міркувань в обчислювальному експерименті вибрано частоту обертання радіального колеса вентилятора і незначних діапазон (0,4 %) зміни частоти обертання (табл.3.1) ? Для результатів експерименту діапазон зміни частоти обертання є в межах допустимої похибки даних експерименту. Наскільки отримані результати експерименту є достовірними ?

5. На основі яких тверджень обираються моделі лінійних регресійних залежностей при опрацюванні даних чисельних експериментів ?

6. Як пояснити, що при початковій лінійній регресійній залежності за дворівневим експериментом дисертант перейшов в розділі 3.12 до трирівневого експерименту з виявленням оптимуму за однакових значень факторів варіювання ?

7. При моделюванні в програмі ANSYS тиску і швидкості повітряного потоку (система рівнянь (4.31), крім значень параметрів, необхідно було подати початкові і граничні умови за яких проведено чисельний розв'язок системи диференціальних рівнянь. Доцільно було привести в тексті чи в додатках дисертації фрагмент прикладу моделювання в програмі ANSYS.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

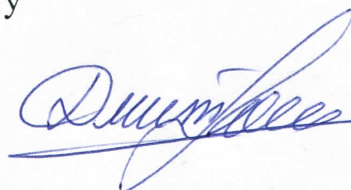
### Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Зеленського Андрія Петровича на тему *«Розробка та обґрунтування параметрів індивідуального вентилятора пневматичного висівного апарату просапної сівалки»* виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 13 «Механічна інженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю отриманих результатів повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 - 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Зеленський Андрій Петрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

### Офіційний опонент:

завідувач кафедри проєктування машин  
та автомобільного інжинірингу  
Національного університету  
«Львівська політехніка»,  
д.т.н., професор



Василь ДМИТРИВ

Підпис Василя ДМИТРИВА засвідчую:



Проректор

Микола ЛОГОЙДА