

ВІДГУК

офіційного опонента Алфьорова Олексія Ігоровича
на дисертаційну роботу Никифорова Антона Олексійовича
на тему: «**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ
ПАРАМЕТРІВ ВІБРОФРИКЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА
ДРІБНОНАСІННЄВИХ МАТЕРІАЛІВ**», що подана до захисту до
спеціалізованої вченої ради Д 23.073.01 при Центральноукраїнському
національному технічному університеті на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук зі спеціальності
05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

офіційного опонента Алфьорова Олексія Ігоровича

Актуальність теми дослідження. Практично доведено, що для збільшення урожайності різноманітних рослинних культур і, відповідно, економічної ефективності сільськогосподарських підприємств, необхідно використовувати високоякісний насінневий матеріал. Використання у якості посівного матеріалу високоякісного насіння, з підвищеним біологічним потенціалом значно збільшує польову схожість культури та її життєстійкість. При сепарації дрібнонасінневих матеріалів широкого поширення набули віброфрикційні насінневі сепаратори (ВФНС), що розділяють насінневий матеріал за пружністю та шорсткістю поверхні, формою насінин, їх щільністю. ВФНС є відносно дешевим засобом, який забезпечує високу якість сепарації для важкороздільних насінневих (дрібнонасінневих) матеріалів. Недоліком ВФНС є його низька продуктивність. Підвищення ж продуктивності (використання блоків робочих поверхонь) призводить до появи аеродинамічних ефектів (знакозмінного повітряного потоку), що негативно впливає на якість сепарації. Особливо це помітно для дрібнонасінневих матеріалів з низкою щільністю насінин.

Системний аналіз літературних джерел дозволив автору виявити недосконалість ВФНС, що реалізують процес розділення дрібнонасінневих

матеріалів при дії знакозмінного повітряного потоку у робочій області. Аналіз показав недосконалість наукового обґрунтування процесу. Зазвичай авторами моделюється вібраційних рух насінин при урахуванні лише дії сили аеродинамічного опору (перенесення повітряним потоком насінин, що відриваються від робочої поверхні). Не враховується дія бокової аеродинамічної сили та її моменту, що виникають при обтіканні повітрям криволінійної поверхні насінини. Дія цієї аеродинамічної сили також впливає на кінематичні параметри руху насіння. Особливо це стосується безвідривних режимів роботи ВФНС, які є актуальними для дрібнонасінневих матеріалів низької щільності.

Таким чином напрямок дисертаційних досліджень, який обрано автором, *є важливим та актуальним*, оскільки вирішує важливу науково-технічну задачу підвищення ефективності сепарації насінневих матеріалів дрібнонасінневих культур, чутливих до дії повітряного потоку, на ВФНС та обґрунтування його конструкційно-режимних параметрів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота є частиною науково-дослідних держбюджетних тем Державного біотехнологічного університету: «Розробка та удосконалення мехатронних машино-технологічних систем, що відповідають вимогам ергономіки, технічної естетики та охорони праці для механізованого виробництва сільськогосподарської продукції на основі енергозберігаючих та економічно безпечних технологій» (ДР № 0123U101678, 2023-2025 рр. *здобувач був співвиконавцем проекту*).

Оцінка змісту та завершеності дисертації. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 268 сторінок, у тому числі 10 додатків на 64 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації становить 170 сторінок, 78 рисунків та 20 таблиць. Список використаних джерел нараховує 148 найменувань на 19 сторінках.

Дисертація є *завершеною* науковою роботою, в якій досліджуються наукові основи процесів віброфрикційного розділення дрібнонасінневих матеріалів з урахуванням дії аеродинамічних сил та моментів. Проведено теоретичне моделювання процесу, результати якого перевірено експериментальними дослідженнями.

У вступі відображено актуальність проблеми, наведено наукову гіпотезу, визначено мету та задачі дослідження, наукову новизну та практичну цінність роботи, наведено відомості щодо апробації роботи та публікації за темою дисертації.

У першому розділі виконано кваліфікований системний аналіз сучасного стану проблеми віброфрикційного розділення дрібнонасінневих матеріалів з насінням малої щільності. Наведено аналіз фізико-механічних та аеродинамічних властивостей насіння деяких овочевих культур, що мають найбільше поширення на території України, та які обрано автором для дослідження. Представлено аналіз літературних джерел та огляд теоретичних і експериментальних досліджень за обраним напрямом.

Базуючись на висновках першого розділу у другому розділі наведено механіко-математичну модель процесу віброфрикційного розділення насінневих матеріалів з урахуванням дії аеродинамічних сил та моментів. Обґрунтовано доцільність використання методики моделювання газодинаміки процесу взаємодії робочих органів ВФНС з повітрям, а також – аналітичної методики оцінки аеродинамічних сил та моментів, що діють на насінину визначеної форми у потоці повітря. Газодинамічні параметри повітря (поле швидкостей та тиску) у робочій області ВФНС обчислюються для тримірного випадку шляхом розв'язання крайової задачі з крайовими умовами, що визначаються: фазою, напрямком та амплітудою коливань; конструкцією блоку робочих поверхонь ВФНС та аеродинамічного екрану. Встановлені параметри знакозмінного повітряного потоку за фазами коливань блоку ВФНС використані для моделювання вібраційного безвідривного руху насінин по нахиленій шорсткій поверхні. Аеродинамічні

или та моменти, що враховувалися у системі диференціальних рівнянь вібраційного руху, визначалися для миттєвого положення насінни визначеної форми при встановлених фазових параметрах знакозмінного повітряного потоку. За допомогою чисельної моделі можна оцінювати: параметри статистичних секторів вібраційного руху насіння різних фракцій; ймовірності потрапляння у лотки-приймачі насіння оригінальної, елітної та репродуктивної груп.

У третьому розділі автором наведено результати чисельного експерименту щодо оцінки ефективності конструкційних заходів зі зниження впливу динаміки повітря на сепарацію насінневих матеріалів. В якості показника ефективності використаний показник рівня якості сепарації насінневого матеріалу, який характеризує відносне збільшення секторів можливих траєкторій насіння різних фракцій (погіршення якості сепарації за рахунок дії знакозмінного повітряного потоку). Побудовано регресійні рівняння залежності якості сепарації насінневого матеріалу від конструкційно-режимних параметрів ВФНС (висоти вертикальної стінки аеродинамічного екрану; її відстані від торцю робочого блоку; вертикального зазору між двома робочими поверхнями робочого блоку; амплітуди коливань). Рівняння отримано для кількох овочевих культур.

Проведений параметричний аналіз на підставі отриманих регресійних моделей, з якого обґрунтовано раціональні значення конструкційно-режимних параметрів ВФНС з екраном.

У четвертому розділі, відповідно до обраних задач дослідження, наведено програму, методику та результати експериментальних досліджень; підтвердження адекватності розробленої математичної моделі; оцінку ефективності обладнання робочих блоків ВФНС аеродинамічним екраном. Представлено конструктивну схему та опис принципу роботи ВФНС з екраном. Наведено опис плану проведення натурних випробувань та методики вимірювання конструкційно-режимних параметрів і оцінки показника якості сепарації.

На підставі проведення натурного експерименту отримане регресійне рівняння залежності показника якості сепарації насінневого матеріалу від конструкційно-режимних параметрів ВФНС з екраном для однієї з трьох рослинних культур (пастернаку).

Проведене кількісне порівняння відхилення результатів оцінки показника якості сепарації за допомогою регресійних рівнянь, що побудовані на підставі натурного і чисельного експериментів.

У п'ятому розділі наведено метод оцінки економічної ефективності застосування ВФНС з аеродинамічним екраном та виконано оцінку показника відносного збільшення товарної ціни обробленого насінневого матеріалу.

Річний економічний ефект від застосування ВФНС з екраном (на прикладі насіння пастернака) складатиме 1,335 мільйона грн.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність. При виконанні дисертаційних досліджень використано комплекс сучасних та взаємодоповнюючих методів визначення фізико-механічних та аеродинамічних властивостей матеріалу: пастернаку, кропу запашного та салату листового; конструктивних параметрів та кінематичних режимів ВФНС з аеродинамічним екраном, натурні та чисельні випробування з хорошою кореляцією даних, що забезпечує високу **достовірність** отриманих результатів.

Наукові положення, висновки та рекомендації, розвинуті у дисертації, **обґрунтовані**, базуються на аналізі явищ та процесів, що досліджуються, проведеному на сучасному рівні, комплексі досліджень та розробкою **рекомендацій** щодо вибору раціональних конструкційно-режимних параметрів ВФНС з аеродинамічним екраном для процесу віброфрикційного розділення дрібнонасінневих матеріалів з насінинами малої щільності.

Висновки, що сформульовані в роботі, не суперечать класичним уявленням, щодо моделювання процесів розділення насінневих матеріалів з урахуванням дії знакозмінного повітряного потоку.

Основні наукові результати та їх наукова новизна. *Наукова новизна* полягає в розв'язанні науково-прикладної задачі, яка направлена на підвищенні ефективності вібросепарації насіння дрібнонасінневих овочевих та лікарських культур шляхом вдосконалення конструкції робочого блоку та обґрунтування раціональних параметрів ВФНС. Серед результатів, які отримані при проведенні досліджень вперше і, безумовно мають *наукову новизну*, слід зазначити наступне.

Вперше:

- встановлено залежність впливу знакозмінного повітряного потоку на якість вібросепарації насінневих матеріалів пастернаку, кропу запашного та салату листового залежно від вертикального зазору між робочими поверхнями блоку ВФНС, амплітуди коливань, висоти перекриття вертикальної стінки аеродинамічного екрану та його відстані від торцю блоку робочих поверхонь.

Одержали подальший розвиток:

- уявлення основних закономірностей та зв'язків процесу віброфрикційного безвідривного руху насіння об'ємної форми по нахиленій шорсткій поверхні робочого блоку, де, на відміну від відомих підходів, враховується вплив аеродинамічних сил і моментів, що діють на насіння, а також геометричних характеристик, амплітуди коливань робочого блоку ВФНС і конструкційних параметрів аеродинамічного екрану.

Удосконалено:

- спосіб оцінки аеродинамічних сил та моментів, що діють на насіння визначеної геометричної форми, залежно від параметрів повітряного потоку у просторі між робочими поверхнями блоку ВФНС та положення насінини у цьому просторі;

- метод оцінки параметрів повітряного потоку у просторі між робочими поверхнями блоку ВФНС залежно від амплітуди коливань, зазору між робочими поверхнями та конструкційних параметрів аеродинамічного екрану.

внутрішньошарової взаємодії шарів частинок насінневих матеріалів різної густини, повітряного потоку і робочої поверхні для розрахунку та керування технологічними показниками продуктивності та якості процесу підготовки насіння.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що на основі комплексних аналітичних і експериментальних досліджень розроблено інженерну методику з оцінки прогностичного рівня впливу знакозмінного повітряного потоку на якість вібросепарації насінневих матеріалів деяких рослинних культур, рекомендації щодо раціональних конструкційно-режимних параметрів ВФНС з аеродинамічним екраном, які передано на ПрАТ «Карлівський машинобудівний завод» для використання при проведенні дослідно-конструкторських і науково-дослідних робіт з удосконалення технології вібросепарації насіння з виразними аеродинамічними властивостями. За рахунок модифікації ВФНС, шляхом перекриття блоку робочих площин аеродинамічним екраном, отримано збільшення на 3%, порівняно зі звичайним ВФНС, середньозваженого показника сортової чистоти кондиційної частки вихідного насінневого матеріалу пастернаку: з 95,5% до 98,5%. При цьому частка некондиційного матеріалу знизилась на 37%: з 44% до 7% від загального обсягу матеріалу. Також ВФНС з екраном, на відміну від звичайного сепаратору, дозволив виділити фракції насіння, які належать групам оригінального, елітного та репродуктивного насіння, в той час як обробка на звичайному ВФНС виділяла тільки групу репродуктивного насіння.

Повнота викладення результатів дисертації в публікаціях. Отримані результати наукових досліджень за обраним напрямом дисертаційної роботи опубліковано після захисту кандидатської дисертації у 32 наукових працях, у тому числі: 14 статей у спеціалізованих наукових виданнях України (з них 4 статті у виданні, що включено до міжнародної). Також ВФНС з екраном, на відміну від звичайного сепаратору, дозволив

науково-метричної бази даних Scopus); 2 публікації у закордонному виданні; 15 тез у збірниках доповідей наукових конференцій, отримано 3 патенти.

Зауваження до викладеного у дисертації.

1. У першому розділі під час аналізу технологій, машин та обладнання для сепарації дрібнонасіневих матеріалів недостатньо представлені зарубіжні аналоги віброфрикційних насінневих сепараторів.

2. У другому розділі недостатньо повно представлений аналіз математичних моделей для опису процесу взаємодії робочих органів ВФНС з повітрям. Обґрунтування вибору газодинамічної моделі у вигляді диференційного рівняння Ейлера потребує більш розгорнутого викладення, особливо в частині, що стосується нехтуванням в'язкості повітряного середовища.

3. Потребує уточнення методика оцінки аеродинамічних сил та моментів, що визначаються для плоского перерізу насіннини, в частині, що стосується встановлення області коректного застосування методики. Не ясно, як буде працювати запропонований підхід для випадку, коли контур перерізу не має подібності до стандартних аеродинамічних профілів, результати продувок яких використовуються.

4. Автором отримано регресійні рівняння з оцінки показника якості сепарації в залежності від конструкційно-режимних параметрів ВФНС для трьох культур на підставі чисельного експерименту і для однієї культури на підставі натурного експерименту. Оцінка адекватності моделі виконана на підставі порівняння регресійних рівнянь за чисельним і натурним експериментами для однієї культури. Здалося б за доцільне виконати аналогічне порівняння для решти рослинних культур.

5. У п'ятому розділі, при оцінці економічного ефекту, також оцінку здійснено лише для насіння пастернаку, хоча досліджувалися ще кріп запашний і салат листковий. Доцільно розширити дослідження у напрямку врахування результатів з підвищення ефективності вібросепарації для насінневих матеріалів решти культур.

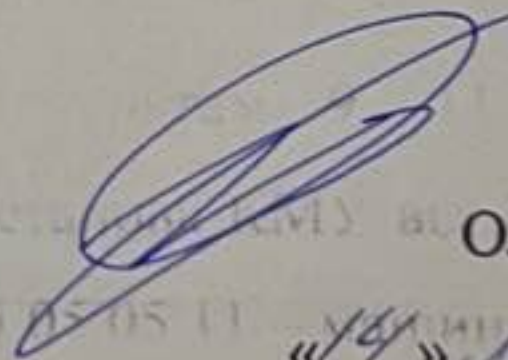
6. В авторефераті дисертації недостатньо повно викладено постановку, кінцеву різницеву схему і порядок розв'язання крайової задачі щодо розрахунку поля швидкостей і тиску повітря у робочій області ВФНС. З автореферату не можна скласти адекватне уявлення про методику формування параметрів знакозмінного повітряного потоку за фазами коливань блоку робочих поверхонь ВФНС.

Надані зауваження носять дискусійний характер і не є принципові.

Загальний висновок. Представлена робота являє собою завершене дослідження, в ній отримані нові і достовірні результати, які вирішують важливу наукову і прикладну задачу підвищення ефективності процесу віброросепарації насінневих матеріалів дрібнонасінневих культур шляхом обґрунтування раціональних параметрів та режимів роботи ВФНС з аеродинамічним екраном і за своїм рівнем та практичною цінністю, змістом і оформленням повністю відповідає пунктам 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів» (постанова КМУ від 24.07.2013 р. № 567), пп. 1, 2, 3 та 5 Паспорту спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва (постанова ВАК України від 11.05.2005 № 22-08/4), а її автор, Никифоров Антон Олексійович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
в.о. директора Інституту
овочівництва і баштанництва НААН



Олексій АЛФЬОРОВ

«14» листопада 2024 р.

Підпис Алфьорова О.І. засвідчую: учений секретар, доктор
сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва



Оксана ШАБЕТЯ

«14» листопада 2024 р.