

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Бредихіна Вадима Вікторовича**

на тему: «Наукові основи процесів вібропневматичного розділення насінневих матеріалів за густиною насіння», що подана до захисту на спеціалізовану вчену раду Д23.073.01 у Центральноукраїнському національному технічному університеті на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності

05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

**Актуальність теми дослідження.** Зернові культури є основою харчування сучасної людини. Відповідно, збільшення виробництва зерна це запорука стабільного розвитку економіки країни. Практично доведено, що для збільшення урожайності і, відповідно, економічної ефективності процесу, необхідно неухильно дотримуватись агротехнологічних умов вирощування культури, і використання високоякісного насінневого матеріалу. Використання у якості посівного матеріалу високоякісного насіння, з підвищеним біологічним потенціалом значно підвищує польову схожість культури та її життєстійкість. Технологічна лінія з виробництва насіння складається з сепаруючих машин, які виконують технологічні операції з первинного очищення, калібрування та точного розділення матеріалу. Під час первинного очищення з зернового вороху виділяють легковідокремлювану домішку, яку можна ефективно видалити решітними робочими органами. Наступним етапом є калібрування матеріалу за розмірними характеристиками. Заключним етапом підготовки насіння є розділення матеріалу, що максимально вирівняний за геометричними розмірами, та видалення важковідокремлюваної домішки. На цьому етапі виділяється травмоване та хворе насіння. Для точного розділення матеріалу використовуються машини, що розділяють насінневий матеріал за кольоровим, аерогравітаційними, пружними характеристиками або

густиною насіння. Широкого поширення набули сепаруючі машини, що розділяють насіннєвий матеріал за густиною насіння у псевдозрідженому шарі.

Системний аналіз літературних джерел дозволив автору виявити недосконалість існуючих технологій, методів та машин, що реалізують процес розділення за густиною насіння. Аналіз показав недосконалість наукового обґрунтування процесу. Зазвичай авторами моделюється рух окремої частинки по робочій поверхні, а процес моделювання внутрішньосфери взаємодії має спрощений характер, що призводить до недоліків у розрахунку та проектуванні робочих органів сепаруючих машин.

Таким чином напрямок дисертаційних досліджень, який обрано автором, *є важливим та актуальним*, оскільки вирішує важливу науково-технічну проблему покращення якості насіннєвого матеріалу, шляхом інтенсифікації процесу розділення насіннєвого матеріалу за густиною насіння.

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

Дослідження, що складають основу дисертації, проведено відповідно до: НДР, що фінансуються за рахунок коштів державного бюджету України «Підвищення продовольчої безпеки з розробкою конкурентоспроможних технологій одержання якісного насіння з поліпшеним біопотенціалом» (ДР 0122U000810, 2021 – 2023 рр., *здобувач є керівником і виконавцем проекту*); «Продовольчо-зернова безпека зі створенням екологічнобезпечних, ресурсозберігаючих, енергоощадних механізованих технологій збереження, обробки врожаю і одержання високоякісних насіннєвих матеріалів» (ДР 0116U004624, 2016 – 2017 рр., *здобувач був співвиконавцем проекту*); Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року; комплексної державної цільової програми «Зерно України – 2008 – 2015 рр.»; Державної цільової програми «Розвиток Українського села до 2015 р.»; регіональних програм: «Стратегія сталого розвитку Харківської області на 2021 – 2027 рр.», «Найважливіші проблеми АПК на період до 2023 року»; комплексних тем наукових досліджень: НДР Харківського

національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, Державного біотехнологічного університету «Підвищення ефективності, продуктивності та надійності машин для розділення зернових матеріалів» на період 2018 – 2022 рр.» та спрямована на реалізацію Проекту ЄС «Підтримка впровадження сільськогосподарської та продовольчої політики в Україні».

**Оцінка змісту та завершеності дисертації.** Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, 6 розділів, висновки, список використаних джерел і додатки. Повний обсяг дисертації складає 451 сторінку, у тому числі додатки на 110 сторінках. Анотацію викладено на 8 сторінках, обсяг основного тексту дисертації становить 282 сторінки (11,75 друкованих аркушів), містить 102 рисунки, 19 таблиць. Список використаних джерел нараховує 300 найменувань на 32 сторінках.

Дисертація є *завершеною* науковою роботою, в якій досліджуються наукові основи процесів вібропневматичного розділення насінневих матеріалів за густиною насіння. Проведено теоретичне моделювання процесу результати якого верифіковано 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 вібропневматичного розділення насінневих матеріалів за густиною насіння. Наведено аналіз фізико-механічних властивостей насіння зернових 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 висновка першого розділу у **другому розділі** наведено механіко-математичну модель процесу вібропневматичного розділення насінневих матеріалів за густиною насіння. Обґрунтовано доцільність використання методики моделювання гідродинаміки багатофазних середовищ. Псевдорозріджений насінневий матеріал моделюється багатофазною структурою, що складається з дискретної (частинки насіння) та неперервної (повітря) компонент матеріалу, що взаємодіють між собою та повітряпроникною робочою поверхнею, яка коливається з певною амплітудою та нахилена під кутами до горизонту. Розв'язок моделі дозволив визначити швидкості та траєкторії руху шарів частинок відповідної густини. В свою чергу, маючи швидкості та траєкторії пошарового руху, прогнозовано імовірності потрапляння частинок відповідної густини до лотків вивантаження «важкої», «середньої» та «легкої» фракцій. Розраховано залежність чистоти основної фракції від визначальних параметрів процесу.

У **третьому розділі** автором наведено механіко-математичну модель процесу вібропневмовідцентрового розділення насінневих матеріалів за густиною насіння. Використано метод гідродинаміки багатофазних середовищ та досліджено пошаровий рух та розділення кінцевої кількості циліндричних шарів дискретної та неперервної компонент. Розв'язок механіко-математичної моделі дозволив прогнозовано імовірності потрапляння частинок відповідної густини до лотків вивантаження «важкої» та «легкої» фракцій. Розраховано залежність чистоти основної фракції від визначальних параметрів процесу.

У **четвертому розділі**, відповідно до обраних задач дослідження, наведено методику та програму лабораторних досліджень. Представлено конструктивні схеми та опис принципу роботи вібропневматичної сепаруючої машини (пневмосепарувального столу) та вібропневмовідцентрового сепаратора. Наведено опис лабораторного обладнання та приладів, які було використано для досліджень процесу розділення насінневих матеріалів за густиною насіння.

У п'ятому розділі наведено результати верифікації теоретичних досліджень (розділ 2 та 3). Представлено дані з фізико-механічних властивостей зернових культур, що обрано для досліджень. Обґрунтовано, що Критерієм ефективності процесу розділення прийнято один із визначальних показників якості НМ, що є кінцевою метою процесу – чистота основної фракції. Під чистотою (*Purity*) основної фракції НМ розуміють вміст основної культури у відсотках до наважки, яку взято для аналізу. Описано місце проведення лабораторних досліджень та етапність проведення експериментальних досліджень. Наведено опис та принцип роботи розроблених інтенсифікаторів хвилеподібного та шиповидного типів. Обґрунтовано використання інтенсифікатору хвилеподібного типу та визначення його конструктивних характеристик. Представлено порівняльний аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень. Визначено розбіжність результатів, яка знаходиться в межах від 2 до 5%, в залежності від культури. Надано діапазони раціональних значень визначальних параметрів процесу для вібропневматичних та вібропневмовідцентрових сепаруючих машин.

У шостому розділі наведено розрахункову та дійсну економічну ефективність від впровадження науково-технічних рішень результатів дисертаційних досліджень. Річний економічний ефект від впровадження рекомендацій щодо раціональних режимів експлуатації сепаруючих машин становить 1,585 млн. грн.

Очікуваний річний економічний ефект від впровадження результатів дисертаційних досліджень у підприємствах переробної галузі України становить з розрахунку на 1т НМ 98грн/т.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність.** При виконанні дисертаційних досліджень використано комплекс сучасних та взаємодоповнюючих методів визначення фізико-механічних властивостей матеріалу: пшениці, кукурудзи, соняшнику та

сої; конструктивних параметрів та кінематичних режимів вібропневматичних та вібропневмовідцентрових сепаруючих машин, механічні 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 параметрів процесу розділення насіннєвих матеріалів за густиною насіння у відповідності до фізико-механічних властивостей матеріалу.

**Висновки**, що сформульовані в роботі, не суперечать класичним уявленням, щодо моделювання процесів розділення насіннєвих матеріалів.

**Основні наукові результати та їх наукова новизна.** *Наукова новизна* полягає в розв'язанні науково-прикладної проблеми, обґрунтуванні та подальшому розвитку наукових основ вібропневматичного розділення насіннєвих матеріалів за густиною насіння. Серед результатів, які отримані при проведенні досліджень вперше і, безумовно мають **наукову новизну**, слід зазначити наступне:

*Вперше:*

- системно обґрунтовано математичні моделі руху псевдорозрідженого шару насіннєвих матеріалів як частинок різної густини і повітряного потоку, якими враховано відміни технологічних процесів розділення, зумовлених внутрішньосфорою взаємодією дискретної (частинок) та неперервної (повітря) компонентів шару насіннєвих матеріалів з робочими поверхнями (плоскою/циліндричною) сепаруючих машин;

- запропоновано нову концепцію моделювання процесів внутрішньосфорою взаємодії шарів частинок насіннєвих матеріалів різної густини, повітряного потоку і робочої поверхні для розрахунку та керування

технологічними показниками продуктивності та якості процесу підготовки насіння;

- з урахуванням моделей процесів гідродинаміки багатофазних середовищ розроблено метод та обґрунтовано раціональні режими роботи вібропневматичних та вібропневмовідцентрових сепаруючих машин, якими враховано особливості фізичних процесів переміщення та розділення на фракції шару насінневих матеріалів по плоскій/ циліндричній робочій поверхні;

- аналітично обґрунтовано та верифіковано експериментальними дослідженнями комплексний вплив фізико-механічних властивостей насінневих матеріалів, конструкційних параметрів та режимів роботи сепаруючих машин на якісні показники процесу розділення насінневих матеріалів за густиною насіння, який зумовлюється його взаємодією з робочими поверхнями (плоскою/циліндричною) сепаруючих машин.

*Одержали подальший розвиток:*

- науково-методичні засади імітаційного моделювання процесу розділення НМ за густиною насіння з використанням ефективного коефіцієнту динамічної в'язкості, якими враховано взаємодію дискретної та неперервної компонент псевдорозрідженого шару насінневих матеріалів.

*Удосконалено:*

- технологічний процес переміщення та розділення насінневих матеріалів плоскими/ циліндричними повітропроникними і вібруючими робочими поверхнями на основі розроблених нових теоретичних положень моделювання руху псевдорозріджених шарів насінневих матеріалів як багатофазних структур.

Розроблено нову методологію моделювання процесів внутрішньосферичної 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 визначено та обґрунтовано раціональні конструктивні параметри і кінематичні режими сепаруючих машин, та характеристики робочих поверхонь для розділення насіннєвих матеріалів за густиною насіння. Розроблено рекомендації з удосконалення конструкцій сепаруючих машин для розділення насіннєвих матеріалів за густиною насіння плоскими/циліндричними робочими поверхнями. Розроблені аналітичні залежності для обґрунтування нових конструкційно-технологічних схем сепараторів, у вигляді науково-технічної документації, яку використано науковими та науково-проектними організаціями для модернізації, удосконалення та створення нових технічних засобів для підготовки насіння. Результати досліджень використано підприємствами, що спеціалізуються на переробці зерна, науково-дослідними, проектними установами для розробки нових і модернізації існуючих машин, обладнання, технологічних ліній з підготовки насіння: на ПрАТ ХМЗ дослідження прийнято для модернізації, і удосконалення ПСС-3,5 та розробки ПСС-10, шляхом впровадження інтенсифікаторів хвилеподібного типу («Хорольський механічний завод» м. Хорол); ПрАТ «Харківський комбікормовий завод» (м. Харків); ТОВ «Крок-Укрзалізбуд» (м. Київ); ТОВ «Ремавтокомплект-Сервіс» (м. Конотоп); ТОВ «Батьківщина» (Сумська обл., с. Карабутове); ФОП Знайдюк Василь Григорович (м. Чернігів); впроваджено у процес підготовки НМ для закладання в Національне сховище на довготривале зберігання «Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва» Національної академії аграрних наук України.

**Повнота викладення результатів дисертації в публікаціях.** Отримані результати наукових досліджень за обраним напрямом дисертаційної роботи опубліковано після захисту кандидатської дисертації у 40 наукових працях, в тому числі: 7 монографіях (з них – 1 одноосібна; 3 – одноосібні розділи у колективній монографії); 11 статтях у наукових періодичних



виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України (з них 5 – без співавторів); 6 – у наукових виданнях, проіндексованих у базах даних **Scopus**; 3 статті у наукових періодичних виданнях інших країн; 9 тез у збірниках доповідей наукових конференцій; отримано 4 патенти.

### **Зауваження до викладеного у дисертації.**

1. У першому розділі під час аналізу технологій, машин та обладнання для очищення насіння від важковідокремлюваної домішки слід було приділити увагу та порівняти ефективність технології розділення насінневого матеріалу за густиною насіння з технологіями фото- і магнітної сепарації тощо.

2. Недостатньо переконливо висвітлено порівняння суцільного середовища, що моделює псевдорозріджений насінневий матеріал з Ньютонівською рідиною.

3. При механіко-математичному моделюванні процесу розділення насінневих матеріалів за густиною насіння на сепаруючих машин з робочими органами плоскої/циліндричної форми (розділи 2, 3) використовується термінологія: дискретна і неперервна фаза та дискретна і неперервна компонента для одних і тих самих об'єктів, що ускладнює сприйняття.

4. Бажано надати більш розгорнуті роз'яснення щодо фізики взаємодії дискретної та неперервної фаз псевдорозрідженого насінневого матеріалу між собою.

5. У розділі 2.2. при описанні механіки процесу розділення насінневого матеріалу за густиною насіння, автором вказується: «...частинки якої відрізняються за аерогравітаційними властивостями і власною густиною та мають властивість занурюватись або спливати на поверхню». Викликає питання, доцільність наголошення, що частинки відрізняються, в тому числі, і за аерогравітаційними властивостями, оскільки досліджувалось розділення матеріалу за густиною.

6. Потребує уточнення, які умови є граничними для циліндричної поверхні при визначенні складових компонентів швидкостей  $U_{\phi}^n$  та  $V_{\phi}$ ?

7. При вимірюванні швидкостей повітряного потоку визначалась швидкість під розподільною решіткою. Прораховувались в цьому випадку швидкості повітряного потоку, що сприймаються безпосередньо насінневою сумішшю?

8. Недостатньо уваги приділено опису інтенсифікаторів хвилеподібного типу при встановленні на робочу поверхню циліндричної форми вібропневмовідцентрових сепараторів.

9. Автор використовує різну термінологію для позначення тих самих параметрів, так: повздовжній та поперечних кути нахилу робочої поверхні деки ПСС; кути  $\alpha$  та  $\beta$ ; кути  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$ , що ускладнює сприйняття роботи.

10. Автор для поділу насінневого матеріалу на фракції за густиною насіння, тобто з підвищеним біологічним потенціалом, використовує модернізовані технічні засоби типу пневмосортувального стола та вібропневоцентрифуги, які відрізняються принциповою конструкційною схемою, однак, слід приділити більше уваги порівнянням отриманих результатів дослідження за підвищеним біологічним потенціалом фракцій насіння до модернізації та після, за густиною насінин, масою 1000 зерен, енергією проростання тощо?

11. В авторефераті дисертації автор наводить рис. 1 та рис. 4, де у відповідності до рушійних сил, що лежать в основі способу поділу насінневого матеріалу на робочих поверхнях, отримується «легка», «важка», «середня» фракція, які повинні визначатися якісними чисельними значеннями, мабуть необхідно було приділити більше уваги обґрунтуванню кількості даних фракцій та їх фізико-механічним властивостям: густині насінин у фракції, маси 1000 зерен у фракції, енергії проростання?

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 *ефективно вирішують важливу наукову і прикладну проблему* інтенсифікації процесу вібропневматичного розділення насінневих матеріалів за густиною насіння і за своїм рівнем та практичною цінністю, змістом і оформленням повністю відповідає вимогам пп. 6, 7, 8 та 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197, щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук та пп. 1, 2, 3, та 5. Паспорту спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва, а її автор **Бредихін Вадим Вікторович** заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

**Офіційний опонент:**

доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник,  
завідувач відділу механіко-технологічних  
проблем збирання і післязбиральної обробки  
урожаю зернових та олійних культур  
Інституту механіки та автоматики  
агропромислового виробництва  
Національної академії аграрних  
наук України



**Сергій СТЕПАНЕНКО**

Підпис Степаненка С.П. стверджую:

Заступник директора з наукової роботи,  
учений секретар ІМА АПВ НААН



**Михайло ГРИЦИШИН**