

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. Одним із визначальних факторів високої врожайності сільськогосподарських культур є насінневий матеріал. Окрім потреби у значних об'ємах насіння для внутрішнього сільськогосподарського виробництва, сьогодні відкриваються нові можливості для його експорту. Україна має унікальні природні умови для виробництва насінневих матеріалів. При цьому лінії з їх підготовки займають особливе місце в отриманні високоякісного товару. З іншої сторони, використання насіння у власному виробництві значно знижує собівартість кінцевого продукту. Тому, господарства з вирощування рослинної продукції намагаються мати лінії з підготовки насіння. Технологічні лінії з підготовки насінневого матеріалу включають машини з первинного очищення, калібрування та відділення біологічноактивного насіння. Якщо, на перших етапах обробки матеріалу наявні машини забезпечують необхідну якість виконання технологічного процесу, то виділення домішки із загальної маси матеріалу, наближеної за своїми розмірами до насіння основної фракції, викликає певні труднощі. До такої домішки належить насіння, що має мікро- і макро- травми, хворе або уражене шкідниками та частинки, які за своїми параметрами близькі до насіння основної культури. У такому випадку, ефективність технологічного процесу досягається на сепаруючих машинах,

робочі органи яких можуть забезпечити розділення матеріалу за його густиною. При цьому, поділ матеріалу за густиною може бути «вологим» або «сухим». Перевагу має «сухий» спосіб, який на відміну від «вологого», не потребує додаткових енергетичних та експлуатаційних витрат на досушування матеріалу після обробки насіння у вологому середовищі.

Аналіз сучасного стану отримання насіння в Україні вказує, що незважаючи на велику різноманітність сепаруючих машин для розділення насінневого матеріалу за густиною, конкурентність насіння на зовнішніх ринках надзвичайно низька, про що свідчить експорт у 2022р. лише 10т пшениці і 20т ячменю. На основі літературних джерел, автором виявлено, що відсутній системний підхід до інтенсифікації процесу з виділення із загальної маси матеріалу важковідокремлюваних домішок. Встановлено, що у відомих математичних моделях, у більшості випадків розглядається рух по робочих поверхнях окремих частинок, без урахування внутрішньосфери взаємодії у загальній масі насінневого матеріалу. Відсутня оптимізація параметрів при взаємодії робочих поверхонь із зерновим матеріалом, що гальмує розробку нових та модернізацію сепаруючих машин даного класу.

Таким чином, обраний напрямок дисертаційних досліджень є *актуальним* і вирішує важливу *науково-технічну проблему* підвищення продуктивності та якості процесу розділення насінневих матеріалів(НМ) за густиною насіння.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дослідження, що складають основу дисертації, проведені у відповідності до тем і програм: НДР, які фінансувалися 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 був керівником і виконавцем); «Продовольчо - зернова безпека зі створенням екологобезпечних, ресурсозберігаючих, енергоощадних механізованих технологій збереження, обробки врожаю і одержання високоякісних

насінневих матеріалів» (ДР 0116U004624, 2016 – 2017 рр., здобувач був співвиконавцем); 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».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність. Дисертаційна робота виконана на основі обґрунтованої логічної структурної схеми. Наведені матеріали та результати досліджень свідчать про достатньо глибокий рівень та повне вивчення теоретичного базису розв'язання науково - технічної проблеми. Дисертантом опрацьована широка інформаційна база відомих результатів досліджень, коректно означена предметно - об'єктна сфера, сформульована наукова гіпотеза, поставлена мета та конкретизовані задачі дослідження. При обґрунтуванні винесених на захист положень та отриманих результатів дослідження, автором використані загальні та спеціальні методи дослідження, що дозволило забезпечити цілісне та повне обґрунтування наукових положень, висновків та рекомендацій. Зміст дисертації у повній мірі відповідає обраній темі дослідження. Обґрунтовані в дисертації рекомендації пройшли виробничу апробацію, що підтверджується відповідними документами. Відповідно, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, пропозицій та рекомендацій дисертаційної роботи Бредихіна В.В. не викликає сумнівів.

Ступінь новизни наукових положень. Наукова новизна дисертаційної роботи В.В. Бредихіна полягає в отриманні нових результатів, які дозволяють вирішити науково - технічну проблему підвищення продуктивності та якості процесу розділення насінневих матеріалів(НМ) за густиною насіння. На особливу увагу заслуговують винесенні на захист наступні положення наукової новизни:

- вперше запропоновано теоретичні моделі розділення псевдорозрідженого шару насінневого матеріалу, як багатофазної структури, з урахуванням внутрішньосферикулярної взаємодії частинок (дискретна компонента) під дією повітряного потоку (неперервна компонента), який подається крізь повітрепроникні робочі поверхні вібропневматичних та вібропневмовідцентрових сепаруючих машин;
- запропоновано нову концепцію теоретичного моделювання процесів внутрішньосферикулярної взаємодії частинок у повітряному потоці на робочих плоских і циліндричних повітрепроникних поверхнях для дослідження, розрахунку та керування якісними показниками процесу;
- на основі процесів гідродинаміки запропоновано теоретичні моделі багатофазних середовищ, утворених з насінневого матеріалу та повітряного потоку, розроблено метод та обґрунтовано раціональні режими роботи сепаруючих машин вібропневматичного типу;
- аналітично обґрунтовано та експериментально підтверджено комплексний вплив густини насінневих матеріалів, конструкційних параметрів і кінематичних режимів роботи вібропневматичних та вібропневмовідцентрових сепаруючих машин на якісні показники процесу розділення насінневих матеріалів за густиною насіння.

Отримали подальшого розвитку:

- наукові засади теоретичного моделювання процесу розділення насінневого матеріалу за густиною насіння з використанням ефективного коефіцієнту динамічної в'язкості, який дозволяє врахувати внутрішньосферикулярну взаємодію дискретної та неперервної компонент насінневого матеріалу.

Вдосконалено:

– технологічний процес видалення важковідділюваної домішки із загальної маси, що рухається по робочих повітрепроникних поверхнях вібропневматичних та вібропневмовідцентрових сепаруючих машин, на основі положень теоретичної моделі процесу розділення насінневого матеріалу за густиною насіння.

Практичне значення одержаних результатів. Встановлено раціональні конструктивні параметри і обґрунтовано кінематичні режими та характеристики робочих повітрепроникних поверхонь для розділення насінневих матеріалів за густиною насіння вібропневматичними та вібропневмовідцентровими сепаруючими машинами.

Розроблено рекомендації з удосконалення конструкцій вібропневматичних та вібропневмовідцентрових машин для розділення насінневих матеріалів за густиною насіння з повітрепроникними плоскими і циліндричними робочими поверхнями. Отримано аналітичні залежності, які дозволяють обґрунтувати нові конструкційно - технологічні схеми сепаруючих машин. Розроблена науково-технічна документація, яка передана науковим та науково - проектним організаціям для модернізації, удосконалення та створення нових технічних засобів для підготовки насінневого матеріалу.

Результати досліджень передано підприємствам, що спеціалізуються на переробці зерна, науково - дослідним, проектним установам для розробки нових і модернізації існуючих машин, обладнання, технологічних ліній з підготовки насіння: ПрАТ ХМЗ для удосконалення ПСС-3,5 і розробки нової машини ПСС-10, шляхом встановлення на робочі поверхні інтенсифікаторів хвилеподібного типу («Хорольський механічний завод» м. Хорол); ПрАТ «Харківський комбикормовий 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); Національне сховище довготривалого зберігання насіння «Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва» Національної академії аграрних наук України.

Повнота викладення у відкритому друку наукових положень дисертації. 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 тезах у збірниках доповідей наукових конференцій; отримано 4 патенти України на корисні моделі.

Мова і стиль викладу матеріалу дисертації. Представлена дисертаційна робота Бредихіна Вадима Вікторовича має взаємопов'язану та логічну структуру викладення матеріалу відповідно до поставленої мети. Дисертація є цілісною і завершеною науковою роботою, яка містить нові важливі наукові та практичні результати. Висновки дисертації та автореферату ідентичні.

Відповідність дисертації встановленим вимогам. Дисертація Бредихіна Вадима Вікторовича на тему: « Наукові основи процесів вібропневматичного розділення насінневих матеріалів за густиною насіння» складається з вступу, анотації, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 451 сторінку, у тому числі додатки на 110 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації становить 282 сторінки, містить 102 рисунки, 19 таблиць. Список використаних джерел нараховує 300 найменувань на 32 сторінках.

У **вступі** проведено критичний аналіз результатів відомих досліджень та обґрунтовано актуальність науково - технічної проблеми підвищення продуктивності та якості процесу розділення насінневих матеріалів (НМ) за густиною насіння, сформульовано наукову гіпотезу, визначено об'єкт та предмет дослідження, сформульовано мету та задачі дослідження, вказано на основні напрямки їх вирішення, означені положення, що визначають наукову

новизну і практичну значущість роботи та особистий внесок здобувача, містяться відомості щодо публікацій та апробацій результатів роботи. Представлено зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами та темами.

Перший розділ «Сучасний стан проблеми, аналіз та перспективи інтенсифікації процесів розділення насінневого матеріалу за густиною насіння» присвячено огляду відомих результатів досліджень відповідно до теми дисертаційної роботи. На основі їх критичного аналізу, запропоновано виділення важковідділимих домішок із загальної маси насіння проводити за рахунок створення умов, при яких частинки розміщуються за висотою загального шару матеріалу на решетах, відповідно їх густини. Наведено аналіз фізико-механічних властивостей зернових культур, що мають найбільше поширення в Україні (пшениця, кукурудза, соняшник та соя). Виявлено, що теорія інтенсифікації процесу розділення НМ за густиною насіння у псевдорозрідженому шарі, що є складним фізичним явищем, потребує уточнення.

У п. 1.1.1 - 1.1.4 варто було звернути увагу на особливості взаємодії вказаних зернових матеріалів з робочими поверхнями зерноочисних машин.

У **другому розділі** «Механіко-математична модель процесу розділення насінневих матеріалів за густиною насіння плоскими повітропроникними вібраційними поверхнями» наведено механіко-математичну модель процесу пошарового руху та розділення насінневого матеріалу на плоскій повітропроникній поверхні вібропневматичної сепаруючої машини.

Автором обґрунтовано адекватність використання методу гідродинаміки багатофазних середовищ, при якому насінневий матеріал розглядається як двохфазна псевдорідина, що складається з дискретної (частинки відповідної густини) та неперервної (повітря) компоненти. Запропоновано одномірні та багатомірні гідродинамічні моделі руху насінневого матеріалу.

Розраховано ймовірність розподілу частинок насінневого матеріалу для фракцій відповідної густини за висотою та отримано теоретичну залежність

для визначення чистоти основної фракції, яку обрано критерієм визначення якості процесу. Розрахунок, у відповідності до запропонованої механіко-математичної моделі, дозволив визначити швидкості та характер траєкторії руху шарів частинок: «важкої», «середньої» та «легкої» фракцій матеріалу.

Чисельним моделюванням встановлено діапазони раціональних значень визначальних параметрів процесу розділення насінневих матеріалів: для пшениці: $v = 1,3 - 1,5$ м/с, $\nu = 940$ кол./хв, $A = 5$ мм, $\alpha = 5 - 7$ град., $\beta = 5 - 7$ град.; кукурудзи: $v = 1,3 - 1,6$ м/с, $\nu = 940$ кол./хв, $A = 5$ мм, $\alpha = 4 - 6$ град., $\beta = 3 - 6$ град.; соняшнику: $v = 1,2 - 1,4$ м/с., $\nu = 940$ кол./хв., $A = 5$ мм., $\alpha = 4 - 6$ град., $\beta = 5 - 6$ град; сої: $v = 1,2 - 1,4$ м/с, $\nu = 940$ кол./хв, $A = 6$ мм., $\alpha = 5 - 7$ град., $\beta = 4 - 6$ град.

Не зрозуміло, чи має ефективний коефіцієнт динамічної в'язкості раціональне числове значення і чому він має різне позначення в окремих пунктах розділу?

У третьому розділі «Механіко-математична модель процесу вібропневмовідцентрового розділення насінневих матеріалів за густиною насіння» представлено механіко-математичну модель процесу розділення насінневих матеріалів за густиною насіння на циліндричних робочих повітрепроникних поверхнях вібропневмовідцентрових сепараторів.

Псевдорозріджений шар насіння розглядається як N - кільцевих шарів з часток, які відрізняються за густиною, аерогравітаційними та гідродинамічними властивостями. Рух кожного шару часток розглядається як рух суцільного середовища.

Розраховано ймовірність розподілу частинок насінневого матеріалу до фракцій відповідної густини та отримано теоретичну залежність для визначення чистоти основної фракції, яку обрано критерієм визначення якості процесу. Розрахунок механіко-математичної моделі дозволив визначити швидкості та траєкторії руху шарів частинок «важкої» та «легкої» фракцій матеріалу.

Чисельним моделюванням визначено діапазони раціональних значень визначальних параметрів процесу при роботі з насінневими матеріалами на робочих поверхнях вібропневмовідцентрових сепараторів: пшениці $v = 1,2 - 1,5$ м/с, $\nu = 4500 - 5100$ кол./хв; соняшнику $v = 1,3 - 1,5$ м/с, $\nu = 4500 - 5000$ кол./хв; сої $v = 1,3 - 1,6$ м/с, $\nu = 5000 - 5500$ кол./хв.

У розділі необхідно уточнити поняття «суцільного середовища» та вказати фактори впливу на його стан(с.168).

У **четвертому розділі** «Методика та обладнання для проведення експериментальних досліджень процесу розділення НМ за густиною насіння» представлено опис машин та обладнання, які використовувались для верифікації теоретичних моделей. Наведені прилади та методики для досліджень та обробки експериментальних даних. Обробка результатів експериментальних досліджень здійснювалась з використанням ПК, що оснащений пакетом прикладних програм зі статистичної обробки даних.

Для вимірювання швидкості повітряного потоку є більш точні прилади у порівнянні з чашковим анемометром(рис. 4.5, с. 236).

У **п'ятому розділі** «Верифікація результатів теоретичних та експериментальних досліджень процесу розділення насінневих матеріалів за густиною насіння» наведено результати порівняння теоретичних та експериментальних досліджень процесу розділення НМ за густиною насіння.

Наведено характеристики зернових культур, які було використано для проведення експериментальних досліджень. Запропоновано чистоту основної фракції вважати основним критерієм ефективності процесу розділення НМ за густиною насіння. Під чистотою (*Purity*) основної фракції насіння, автор розуміє вміст основної культури у відсотках до наважки, яку взято для аналізу.

Представлено розрахунок, опис та принцип роботи розроблених інтенсифікаторів хвилеподібного та шиповидного типів.

Наведено принципи пошуку раціональних значень процесу розділення НМ, що базується на основі факторних експериментів, їх статистичній обробці

та аналізі. Одержані значення було порівняно з результатами теоретичного моделювання процесу, які наведено у другому та третьому розділах.

Розділ перенасичений фотографіями, які не несуть наукової інформації.

У шостому розділі «Ідентифікація рівня економічної ефективності удосконалення технології та сепаруючих машин для розділення насінневих матеріалів за густиною насіння» наведено розрахункову та дійсну економічну ефективність від впровадження науково-технічних рішень результатів дисертаційних досліджень.

Реальний річний економічний ефект від впровадження рекомендацій щодо раціональних режимів експлуатації сепаруючих машин становить 1,585 млн. грн. Прогнозований в межах країни – становить 40...60 млрд грн. в річному обчисленні.

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

Зауваження до дисертаційної роботи. До недоліків та дискусійні питань слід віднести наступне:

1. Пункти 1.1.1 – 1.1.4 «Стан і особливості післязбиральної обробки (культури)....» не містять інформації про особливості післязбиральної обробки матеріалу, а лише відомості про окрему культуру з посиланням на джерело [65]. Варто було б оцінити насіння культур з позиції зміни його густини (єдина фізико - механічна властивість, яка покладена в основу видалення важковідділюваних домішок).

2. Відсутність графічної візуалізації взаємодії шарів частинок насінневого матеріалу при побудові механіко-математичної моделі процесу розділення насінневих матеріалів на плоскій/циліндричній робочій поверхні(розділи 2 та 3), дещо ускладнює сприйняття запропонованої теорії.

3. Незрозуміла доцільність дублювання припущень що до пояснення гідродинамічних моделей (п. 2.1 та 2.2). Зустрічається неоднозначність прийнятих визначень, щодо робочих поверхонь(повітрепроникні вібраційні

поверхні) та ефективного коефіцієнту динамічної в'язкості(стр. 106, ф. 2.8 і ф. 2.9).

4. На стр. 108 приведено рівняння, що описує енергетичну зміну насінневих матеріалів(ф. 2.12) і включає параметри температури T і T_n – абсолютні температури відповідно неперервної фази і n – компонента дискретної фази. При цьому відсутнє пояснення, у результаті чого відбудеться нагрівання частинок дискретної фази?

5. F_{n_i} і - тий компонент сили F_{n_i} , яка діє на одиницю маси n -го компонента дискретної фази (с.107). F_{n_i} – коефіцієнт, який характеризує взаємодію неперервної фази з частинками n -го компонента дискретної фази. За таких умов потребує уточнення F у виразі для визначення Φ_{nE} (с.108).

6. У запропонованій механіко - математичній моделі розділення НМ на ПСС по фракціям відбувається за висотою (координата x_3). Утворення фракції відбувається під дією повітряного потоку, для яких характерне різне значення густини. Координата x співпадає із напрямком швидкості, а координата y визначає напрямок руху шару кожної фракції. За таких умов доцільно узгодити координату функції розподілу (ф. 2.133).

7. Наявність в математичних моделях параметрів (розділи 2 та 3), які характеризують властивості насінневих матеріалів, за текстами дисертаційної роботи та автореферату не відслідковуються. Відсутній аналіз їх впливу на ефективність процесу поділу та режими налаштування машин, напр.: вологість та форма частинок матеріалу, шпаруватість та товщина подачі шару матеріалу на робочі поверхні.

8. У математичних моделях враховано цілий ряд показників насінневих матеріалів. Але результатом поділу вибрано поділ на три або дві, залежно від форми робочої поверхні, фракції: легка, середня, важка. Чи можна їх оцінювати числовими значенням густини?

9. При проведенні експериментальних досліджень(розділ 4), автор звертає увагу на «аерогравітаційні» і «гідродинамічні» властивості стр.228, не

конкретизуючи їх. У п. 4.2 зазначається « п. 3. Визначення аеро - та гідродинамічних характеристик вібропневморозрідженого шару НМ при його розділенні за густиною насіння». Що мається на увазі під характеристикою ?

10. Багатократне використання автором двофакторних експериментів для оптимізації параметрів сепарувальних машин (розділ 5) ускладнює обробіток результатів та призводить до похибок, яких можна було б уникнути використавши більшу кількість значущих факторів.

11. Дослідження впливу механічних інтенсифікаторів хвилеподібного типу та шиповидного типу (розділ 4, висновок 8) відносяться до обґрунтування їх геометричних параметрів. При цьому більше уваги необхідно було б приділити впливу конструктивних параметрів робочих поверхонь на ефективність розподілу матеріалу за густиною напр. дека, її повітропроникності, формі, розмірам та розташуванню отворів тощо.

12. Оцінка технічної ефективності роботи приведена на прикладі вібропневматичної машини ПСС – 2.5 та вібропневмовідцентрового сепаратора. Чи варто приводити очікувані розміри економічних ефектів від впровадження удосконалених технічних засобів та технологій без урахування інших параметрів: продуктивності і якості виконання технологічного процесу машин іноземного виробництва, коливань цін на енергоносії, зміни кліматичних і соціальних умов розвитку агропромислового виробництва?

13. У тексті дисертаційної роботи зустрічаються стилістичні помилки, окремі графічні пояснення потребують уточнень, недостатньо звернута увага на означення науково – технічної проблеми та поставлених задач в окремих розділах. Надані зауваження носять дискусійний характер і не є принципові.

Висновок про відповідність дисертації вимогам МОН України.
Дисертаційна робота Бредихіна Вадима Вікторовича проведена за актуальною темою, основні результати достатньо обґрунтовані, узагальнені наукові положення зрозуміло адаптовані для використання на практиці. Нові рішення, які запропоновано здобувачем, добре аргументовані та об'єктивно

оцінені у порівнянні з відомими. Дисертація підготовлена автором особисто. Результати дисертаційних дослідження здобувача вказують на значний внесок у розв'язанні науково-технічної проблеми – підвищення продуктивності та якості процесу розділення насіннєвих матеріалів(НМ) за густиною насіння. Рівень системності досліджень свідчить про високий науковий рівень автора при розв'язанні поставлених задач в межах науково-технічної проблеми. Основні результати досліджень в повній мірі опубліковані автором у фахових виданнях України та інших держав, пройшли належну апробацію.

Дисертаційна робота **Бредихіна Вадима Вікторовича** на тему «Наукові основи процесів вібропневматичного розділення насіннєвих матеріалів за густиною насіння» являє собою завершену наукову працю 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, професор,
Луцький національний
технічний університет,
професор кафедри аграрної
інженерії імені професора Г.А. Хайліса

 **Дідух Володимир Федорович**

Підпис засвідчую.



Підпис засвідчую:
секретар
національного
технічного університету
доц. А.Земко