

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента **Нестеренка Олександра Вікторовича**,
кандидата технічних наук, доцента,

на дисертацію **Бажана Ігора Миколайовича**

«ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЛОСКОГО КОЛИВАЛЬНОГО РЕШЕТА»

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
133 – «Галузеве машинобудування»
(галузь знань 13 – Механічна інженерія)

1. Актуальність теми

В умовах сучасного розвитку аграрного сектору України підвищення ефективності виробництва зернових культур тісно пов'язане не лише з удосконаленням процесів вирощування, а й із забезпеченням високої якості післязбиральної обробки врожаю. Саме на завершальному етапі технологічного циклу формується товарна цінність зерна, яка визначається ступенем його очищення від сторонніх домішок. При цьому, у системі післязбиральної обробки зерна провідне місце займає решітна сепарація, яка залишається основним способом первинного очищення завдяки тісному зв'язку між геометричними параметрами зерна та його якісними показниками, а також простоті конструктивного виконання.

Попри широке використання плоских коливальних решіт у зерноочисній техніці, їх технологічні можливості реалізуються не повною мірою. Це пояснюється тим, що у більшості серійних конструкцій робоча поверхня решета має традиційне компонування отворів, при якому їх поздовжні осі орієнтовані вздовж напрямку руху матеріалу.

Проведений аналіз існуючих конструктивних рішень свідчить, що одним із основних напрямків підвищення ефективності роботи плоских коливальних решіт є удосконалення геометрії решітного полотна, а не ускладнення привідних механізмів чи використання додаткових пристроїв.

Існуючі підходи до інтенсифікації процесу сепарації, як правило, передбачають ускладнення конструкції обладнання або зміну режимів його роботи, що супроводжується зростанням енерговитрат і зниженням надійності. У зв'язку з цим перспективним є напрям, що пов'язаний із удосконаленням геометрії робочих органів, який дозволяє підвищити ефективність процесу без внесення принципових змін у конструкцію машин.

В роботі запропоновано конструкція решіт із зигзагоподібним розміщенням продовгуватих отворів. Такий підхід створює передумови для активізації поперечного переміщення часток у зерновому шарі, усунення «мертвих зон», ділянок із пониженою інтенсивністю просіювання та підвищення ймовірності контакту матеріалу з робочою поверхнею решета.

Тому, тема роботи Бажана Ігора Миколайовича є актуальною та має практичне значення.

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

Дисертаційна робота виконана на базі Центральноукраїнського національного технічного університету в межах науково-дослідної тематики кафедри сільськогосподарського машинобудування за темою: 0110U002143 «Підвищення ефективності функціонування завантажувально-сепаруючих органів зерноочисних машин».

Тематика роботи узгоджується з пріоритетними напрямками розвитку держави, зокрема відповідає Цілям сталого розвитку України до 2030 року, положенням Державної стратегії регіонального розвитку України на 2021–2027 роки, а також Стратегії розвитку Кіровоградської області на 2021–2027 роки.

3. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Подана дисертаційна робота є цілісним завершеним науковим дослідженням, структура якого відповідає встановленим вимогам і включає анотацію, вступ, основну частину, що складається з п'яти розділів, загальні висновки, список використаних джерел та додатки.

У вступі послідовно обґрунтовано актуальність обраної тематики, визначено мету та завдання дослідження, сформульовано об'єкт і предмет, а також висвітлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Окремо наведено відомості щодо апробації результатів, публікацій автора та загальної структури роботи.

Зміст дисертації спрямований на розв'язання науково-прикладної задачі підвищення ефективності процесу решітної сепарації зернового матеріалу шляхом удосконалення геометричних параметрів робочої поверхні плоского коливального решета та обґрунтування раціональних режимів його роботи.

Об'єктом дослідження виступає процес розділення зернових матеріалів на плоскому коливальному решеті із зигзагоподібним розміщенням продовгуватих отворів у складі зерноочисної машини, тоді як предметом дослідження є закономірності впливу основних конструктивних і режимних параметрів, а саме, кута відхилення осей отворів від поздовжньої осі решета, питомої подачі зернового матеріалу та частоти коливань решітного стану на ефективність сепарації.

У роботі автором здійснено комплексне вирішення поставленої науково-технічної задачі, що включає теоретичне обґрунтування запропонованого технічного рішення, розроблення математичних моделей процесу та їх експериментальну перевірку. На основі аналітичних досліджень сформовано математичний опис руху зернової частки по поверхні коливального решета з урахуванням дії основних сил і кінематичних параметрів системи. Це дозволило встановити характер впливу геометрії розміщення отворів на траєкторію руху часток і ймовірність їх потрапляння у зону просіювання.

Значну увагу в роботі приділено експериментальним дослідженням, які виконані з використанням сучасних методів планування експерименту та статистичної обробки даних. Розроблена методика дала змогу встановити кількісні залежності ефективності сепарації від основних факторів, серед яких

питома подача матеріалу, частота коливань та кут орієнтації отворів. За результатами багатофакторного експерименту отримано адекватні регресійні моделі, що описують досліджуваний процес і дозволяють визначити оптимальні параметри роботи решета.

Проведені порівняльні дослідження підтвердили переваги запропонованого конструктивного рішення над традиційними аналогами. Встановлено, що застосування решета із зигзагоподібним розміщенням отворів забезпечує підвищення ефективності сепарації, зменшення вмісту домішок у очищеному зерні та зростання продуктивності процесу без ускладнення конструкції зерноочисної машини.

Отримані результати характеризуються належним рівнем обґрунтованості, що забезпечується узгодженістю теоретичних положень і експериментальних даних, використанням сучасного математичного апарату, а також коректним застосуванням методів статистичного аналізу.

Висновки, сформульовані автором, є логічно пов'язаними з поставленими завданнями, повною мірою відображають зміст проведених досліджень і відповідають вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список використаних джерел охоплює широкий спектр вітчизняних і зарубіжних наукових праць, що свідчить про ґрунтовне опрацювання тематики. Додатки містять допоміжні матеріали, які доповнюють основні результати дослідження та підтверджують їх достовірність.

4. Наукова новизна одержаних результатів:

До найбільш суттєвих наукових результатів, отриманих у дисертаційній роботі, слід віднести наступні:

- вперше встановлено аналітичну залежність ймовірності потрапляння прохідної зернової частки у площину дії отвору від кута відхилення β та геометричних параметрів решета; визначено критичний кут $\beta_{кр} \geq 4,6^\circ$ (для $l = 25$ мм), досягнення якого забезпечує повне перекриття поперечних проекцій суміжних отворів і усування «мертвих зон» над поздовжніми перетинками;
- вперше отримано регресійні математичні моделі ефективності решітної сепарації зерна пшениці від питомої подачі, частоти коливань і кута відхилення отворів; встановлено раціональні параметри вдосконаленого решета за методом функції бажаності Харрінгтона: $q_b = 850 \dots 1050$ кг/(дм·год), $n = 440\text{--}490$ колив/хв, $\beta = 10^\circ$;
- отримала подальшого розвитку теорія руху зернової частки на коливальному решеті із зигзагоподібним розміщенням отворів. Розроблена модель динаміки руху частки враховує основні кінематичні і конструктивні параметри решета та властивості оброблюваного матеріалу;
- отримали подальшого розвитку теоретичні уявлення про закономірності руху зернового матеріалу на поверхні плоского коливального решета з урахуванням поперечної орієнтації отворів та методичні підходи до порівняльної оцінки ефективності плоских пробивних решітних поверхонь.

5. Достовірність отриманих результатів і висновків

Достовірність отриманих результатів забезпечується чітким формулюванням мети та постановкою завдань дисертаційного дослідження, які вирішувалися послідовно із належним рівнем наукового обґрунтування.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і практичних рекомендацій підтверджується відповідністю застосованої методології поставленій науково-технічній проблемі, комплексним підходом до дослідження об'єкта на теоретичному й експериментальному рівнях, а також використанням системи методів, що адекватно відображають особливості предмета дослідження.

6. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Розроблено, теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено конструкцію плоского коливального решета із зигзагоподібним розміщенням продовгуватих отворів, реалізація якої здійснюється шляхом удосконалення штампувального оснащення без зміни матеріалу решітного полотна, режимів його термічної обробки чи конструкції зерноочисного агрегату, що забезпечує підвищення ефективності процесу сепарації зернового матеріалу порівняно з традиційними решітними поверхнями.

Запропоноване конструктивне рішення дозволяє усунути зони зниженої інтенсивності просіювання, активізувати поперечне переміщення часток у зерновому шарі та підвищити ймовірність їх проходження через отвори без ускладнення конструкції зерноочисних машин і зміни кінематичних параметрів їх роботи.

Встановлено раціональні конструктивно-технологічні параметри решета та режими його функціонування, що забезпечують підвищення якості очищення зерна.

Запропоновані технічні рішення можуть бути реалізовані як при проектуванні нових зерноочисних машин, так і при модернізації існуючого обладнання шляхом заміни стандартних решіт без необхідності внесення суттєвих конструктивних змін у базові агрегати.

Практичні результати дослідження доцільно використовувати при проектуванні нових конструкцій зерноочисних машин та переобладнанні вже існуючих, а також у виробничій діяльності сільськогосподарських підприємств з метою підвищення ефективності післязбиральної обробки зерна. Також отримані практичні результати можна використовувати в навчальному процесі закладів вищої освіти при підготовці фахівців за спеціальностями «Машинобудування» та «Агроінженерія», зокрема під час викладання дисциплін «Проектування машин та обладнання», «Теорія, конструкція і розрахунок сільськогосподарських машин» та інших профільних курсів.

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях

Дисертаційна робота характеризується логічною та послідовною структурою. Основні висновки та рекомендації сформульовано відповідно до розв'язаних задач і отриманих результатів, які системно викладено в розділах дослідження.

Результати перевірки дисертації на наявність академічного плагіату свідчать про високий рівень її оригінальності, текст роботи відзначається виразним авторським стилем викладу. Текстових запозичень без належного посилання на джерела не виявлено, що підтверджує дотримання принципів наукової доброчесності.

Основні положення та ключові результати дисертаційного дослідження, винесені на захист, оприлюднені у 10 наукових працях, зокрема: 4 статтях у фахових виданнях України категорії «Б», 1 патенті України на корисну модель, а також у 5 матеріалах і тезах доповідей, представлених на наукових конференціях та в інших профільних виданнях.

8. Недоліки та зауваження щодо змісту дисертаційної роботи

8.1. В розділі 1, п. 1.2.1 приводяться способи очищення зернових культур які мають загальновідомі визначення.

8.2 В розділі 1, п. 1.2.3 «Конструктивні особливості серійних ЗОМ із решітними робочими органами» приводиться більше уваги до аналізу технологічного процесу роботи решітних станів, ніж до конструктивного виконання безпосередньо робочих органів, що недостатньо відображає аналіз існуючих технічних рішень, зокрема щодо ефективності різних типів решітних поверхонь.

8.3 В розділі 2, п. 2.1 «Аналіз ймовірності просіювання прохідних часток крізь отвори решета» при отриманні фізичної моделі просіювання прийнято пласку частинку, хоча форма зерна пшениці та більшості досліджуваних культур мають овальну форму, що суттєво впливає на її орієнтацію вздовж прямокутного отвору.

8.4 В розділі 2, п. 2.2 при аналізі переміщення непрохідної частки по оригінальному плоскому нерухомому решету з прямокутними отворами запропонована математична модель руху зернової частки не в повній мірі враховує стохастичний характер процесу сепарації, зокрема фізико-механічні властивості зернового матеріалу, його фракційний склад та взаємодію часток у шарі.

8.5 В розділі 2 на рис. 2.4 отримано залежність ймовірності потрапляння прохідних часток в площину отворів від кута нахилу отворів відносно вісі решета з якої можна зробити висновок про те, що ймовірність потрапляння часток для довжини отворів $l=30$ мм є найбільшою, хоча автором в дослідженні прийнято $l=25$ мм.

8.6 При пошукових експериментальних дослідженнях було враховано кут відхилення отворів β від вісі решета, при цьому не змінювалась форма і розміри отворів, що могло мати вплив на вибір основних факторів для ЦКП-експерименту.

8.7 У розділі 4 проведена порівняльній оцінка роботи запропонованого решета з традиційним при зміні вологості та засміченості вихідного зернового матеріалу, при цьому не наведено, як буде впливати застосування решета із зигзагоподібно розміщеними отворами на забивання у порівнянні з традиційним.

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та її наукову цінність.

9. Висновки до дисертації

Представлена дисертаційна робота є цілком завершеною самостійною науково-дослідною роботою, яка містить науково обґрунтовані результати. У дисертації розв'язано актуальну науково-прикладну задачу підвищення ефективності решітної сепарації зернового матеріалу на плоскому коливальному решеті із зигзагоподібним розміщенням продовгуватих отворів та обґрунтування їх раціональних конструкційних і технологічних параметрів, що має важливе значення для галузі знань 13 «Механічна інженерія». Тема і зміст дисертації відповідають спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування». Врахувавши все вище наведене, дисертаційна робота здобувача **Бажана Ігора Миколайовича «Обґрунтування параметрів плоского коливального решета»**, за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування», містить наукову обґрунтованість, має теоретичне та практичне значення і повністю відповідає всім вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (редакція від 12.07.2019) та Постанові Кабінету Міністрів України № 44 «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», від 12 січня 2022 року (редакція від 08.05.2024), а її автор **Бажан Ігор Миколайович** заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування».

Рецензент, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського національного технічного університету

Олександр НЕСТЕРЕНКО

Підпис Нестеренка О.В. засвідчую Проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків

Андрій ТИХИЙ