

ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук, доцента Сліпченка Максима Володимировича на дисертаційну роботу Богомолова Олександра Олексійовича на тему **«ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ НАСІННЯ ПРОСА НА ГРАВІТАЦІЙНИХ УДАРНИХ СЕПАРАТОРАХ»**, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з технічних наук за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування»

Актуальність роботи. Однією з найпоширеніших круп'яних культур є просо. Основними засмічувачами його є мишій та куряче просо, які близькі до зерен основної культури за признаками подільності (розмірами та аеродинамічними характеристиками), що використовують пневмо-решітно-триєрні сепаратори загального призначення. Тому актуальною задачею є пошук іншого критерію подільності.

Великий обсяг переробки проса вимагає затрат енергії. Актуальним питанням в сучасних умовах браку енергоносіїв є зниження енергоємності процесу сепарації.

Дисертаційна робота присвячена розв'язку цих питань і обґрунтуванню параметрів технологічного процесу сепарації насіння проса на гравітаційних ударних сепараторах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами планами. Дисертаційна робота Богомолова О.О. виконана в межах узгоджених напрямів розробок кафедри, наукової школи та галузевих пріоритетів. Вона безпосередньо пов'язана з програмами науково дослідних робіт Державного біотехнологічного університету на 2022-2025 роки та держбюджетною тематикою.

Зокрема автор приймав участь у Держбюджетної теми №0121 U114567 «Розробка інноваційних енергозберігаючих технологій, процесів та обладнання

для сепарації, транспортування та здрібнення зерна з отриманням нових видів борошна та крупи» та №3-24-25 БО «Розробка апаратурно-технологічних рішень із виробництва багатоцільових функціональних харчових продуктів для людей, що перебувають у екстремальних умовах», номер державної реєстрації 0124 U000402. А також Госпдоговірної теми №55-23-24Д «Обґрунтування параметрів процесу сепарації зернових сумішей за сукупністю фізико-механічних властивостей», 2023-2024 рр., номер державної реєстрації 0123U105326 в якій були реалізовані положення даної дисертаційної роботи.

Фінансування на рівні держави та договори з приватними господарствами свідчать про те, що дана тема актуальна на державному рівні та відповідає останнім запитам наукових та прикладних досліджень.

Матеріали дисертаційної роботи використані в навчальному процесі та під час виконання дипломних проєктів. Це також свідчить про вклад в освітній процес.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі Богомоллова Олександра Олексійовича отримано наукові результати, що мають істотний ступінь новизни в межах спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування» і дає можливість сепарації проса за сукупністю фізико-механічних властивостей на ударно-гравітаційних сепараторів та оптимізацію процесу вилучення важковідокремлюваних домішок.

Автором **вперше** встановлено, що при ударній взаємодії кулеподібної частинки з нахиленою поверхнею обертання частинки припиняється протягом першої фази удару, а отже обертанням при розрахунку відскоку можна знехтувати;

вперше встановлено, що врахування позиційного тертя суттєво впливає на розраховані параметри удару і знайдені залежності;

вперше при постановці задачі удару коефіцієнт відновлення швидкості віднесено до вихідних даних, з урахуванням його залежності від початкової швидкості.

Наукова новизна дисертаційної роботи підтверджується сукупністю сформульованих у ній нових положень та підходів до вирішення науково-прикладного завдання з сепарації проса від важковідокремлюваних домішок за сукупністю пружних та фрикційних властивостей та зв'язок параметрів процесу сепарації з конструктивно-режимними параметрами гравітаційного багатоярусного та ударних сепараторів.

Практичне значення отриманих результатів. На основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено конструкцію гравітаційного багатоярусного ударного сепаратора, яка суттєво перевершує аналоги за продуктивністю та ефективністю.

Результати наукових досліджень впроваджені у виробництво в компанії «Харчові технології» м. Харків. Обґрунтовані раціональні параметри енергозберігаючих сепараторів для очищення насіння проса від важко відокремлюваних бур'янистих домішок за відмінностями у фізико-механічних властивостях, результати яких впроваджено у фермерському господарстві «Калина» Чугуївського району Харківської області, ТОВ «Компанія «Харчові технології» м.Харків та ТОВ «ЮР АГРО» м.Харків.

Розроблені та виготовлені спеціальні високопродуктивні прилади для визначення коефіцієнтів тертя кочення, коефіцієнтів тертя ковзання та граничного кута підйому насіння по віброфрикційній поверхні, які впроваджені в навчальний процес Державного біотехнологічного університету.

Таким чином розроблено ефективнішу конструкцію сепаратора для очищення насіння проса від важко відокремлюваних бур'янистих домішок, яка впроваджено у виробництво і за Господоговірною темою №55-23-24Д «Обґрунтування параметрів процесу сепарації зернових сумішей за сукупністю

фізико-механічних властивостей» мав очікуваний економічний ефект 20960,3 грн., а фактичний економічний ефект 41920,6 грн. у ТОВ «Компанія «Харчові технології» м.Харків та ТОВ «ЮР АГРО» м.Харків та 60000 грн. і 80000 грн. у фізичної особи-підприємця Бойко Є.Г. відповідно (додаток В).

Повнота викладення у відкритому друку та апробація наукових положень дисертації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 30 наукових працях, у тому числі у 10 статтях у спеціалізованих наукових виданнях і 1 стаття у закордонних виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами, 15 тезах доповідей у збірниках міжнародних наукових конференцій, отримано 4 патенти України на корисну модель.

Основні результати досліджень автором отримано самостійно, в роботах які мають співавторів дисертантом виконане наступне:

- результати огляду і аналіз досліджень та визначення напрямку підвищення ефективності процесу сепарації насіння проса від насіння важковідокремлюваних бур'янистих рослин;

- результати математичного моделювання ударної взаємодії кулеподібного пружного тіла з нахиленою поверхнею та удару пружних тіл з урахуванням коефіцієнта відновлення швидкості та моделювання ударного руху частинки по похилій площині з подачею в поперечному напрямку, обґрунтовані граничні умови, приведено аналіз результатів моделювання;

- проведені експериментальні дослідження сепарації насіннєвої суміші проса від важковідокремлюваного насіння бур'янистих рослин та дана конструктивна інтерпретація отриманих результатів та рекомендації щодо подальшого застосування розробок.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 209 сторінок, у тому числі додатки на 14 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації становить 194 сторінки, 53

рисунків та 24 таблиці. Список використаних джерел нараховує 144 найменування.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, викладено зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами, сформульовані задачі дослідження, обрані об'єкт та предмет дослідження, та представлені методи досліджень, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. У вступі наведені інформацію щодо апробації результатів дисертаційної роботи та зазначено особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** проаналізовано сучасний стан технологічних процесів та обладнання для сепарації насіння проса. Виконано огляд конструкцій, та проведений аналіз досліджень фізико-механічних властивостей насіння проса та бур'янистих рослин. Шляхом аналізу теоретичних досліджень процесів руху зерна по робочим поверхням віброфрикційних та ударних сепараторів визначені цілі та задачі дослідження та накреслено шляхи їх реалізації.

У **другому розділі** отримано залежності, що дають можливість проводити сепарацію за пружними та фрикційними властивостями насіннєвих сумішей. Отримано математичну модель удару кулеподібного тіла з нахиленою поверхнею, з якої виявлено про можливість нехтуванням обертання частинки під час контакту; отримано математичну модель удару з урахуванням позиційного тертя, що моделює процеси стискання та розтискання тіл; проведено моделювання ударного руху частинки по похилій площині з подачею у поперечному напрямку, що покладено у подальшу розробку конструкції сепаратора.

У **третьому розділі** наведено програму та методику проведення експериментальних досліджень. Наведено комплекс методик для визначення критеріїв подільності проса за фізико-механічними властивостями від важковідокремлюваних домішок: курячого проса та щетинника сизого. Наведені методики з визначення коефіцієнтів тертя, зі створенням прибору

власної конструкції, визначень коефіцієнтів відновлення швидкості під час удару, маси 1000 насінин, геометричних розмірів, встановлення граничних кутів підйому насіння по похилій вібраційній поверхні на самостійно розробленому пристрої та траєкторії його руху та бур'янистих домішок. З метою дослідження створено ряд лабораторних моделей на яких і проведено подальші дослідження.

У **четвертому розділі** дисертаційної роботи наведено результати експериментальних досліджень сепарації насіння проса. В роботі проведені дослідження з визначення ознак подільності основної культури та домішок. За результатами досліджень побудовано варіаційні криві розмірних характеристик, коефіцієнтів тертя та пружних властивостей, граничних кутів підйому та траєкторій руху насіння та домішок по похилій вібраційній фрикційній поверхні. Аналізом цих експериментально отриманих значень встановлені шляхи оптимізації процесу і можливість сепарації насіння проса за дальністю відскоку після удару об похилу відбивну поверхню. Шляхом багатофакторного аналізу отримані рівняння регресії, що дають можливість отримання раціональних параметрів процесу сепарації насіння проса на гравітаційному багатоярусному сепараторі та на гравітаційному ударному сепараторі з поперечною подачею. Запропонований алгоритм зниження енергоємності процесу сепарації проса.

У **п'ятому розділі** наведено результати виробничих випробувань гравітаційного сепаратора для очищення насіння проса, наведено інформацію щодо місця випробувань та обраного матеріалу, а їх також результати. Виконано розрахунок щодо техніко-економічного обґрунтування розробленого гравітаційного сепаратора.

Додатки до дисертаційної роботи здобувача містять дані щодо побудови варіаційних рядів фізико-механічних властивостей насіння проса та домішок: щетинника сизого та проса курячого. Наведені акти впровадження у

виробництво та навчальний процес Державного біотехнологічного університету, а також патенти на корисні моделі.

Зауваження до дисертаційної роботи:

Зауваження по 1 розділу:

1. Не зрозуміло навіщо у 1 розділі наведена технологія вирощування проса, бо в подальшому ніяких досліджень з її вдосконалення не проводилось.
2. Помилки при оформленні: стор.36 сепаратор CAD замість САД, стор. 37 – маса 1000 насінин в р, а не гр, стор. 49 у табл. 1.2 не вказано розмірність критичної швидкості та питомої ваги та т.д.
3. Відсутні пояснення до формули (1.1), що суттєво ускладнює розуміння тексту.
4. В описах малюнків порушено порядок: спочатку іменник, потім прикметник, що прийнято у технічній літературі.
5. У висновках 1.2. як і в аналізі не наведено конкретних значень продуктивності та енергоємності існуючих сепараторів, що ускладнює розуміння тексту.

Зауваження по 2 розділу

1. В рівнянні 2.2 не вказано відносно якої точки обчислювали момент сили тертя.
2. На стор. 60 вказано формулу (1), яка не збігається з нумерацією роботи.
3. У формулі 2.16 наведено, що ε – це дотичне кутове прискорення, хоча за суттю і подальшим поясненням це кутове прискорення.
4. В рівнянні 2.24 відсутнє пояснення, що позначає l , його немає не раніше у розділі 2.2.1 не далі.
5. Не зрозуміло, чому в таблиці на стор. 69 у якості прикладу обрано розрахунок удару кулі по бетону, а не проса чи домішок по робочій поверхні сепаратора.

Зауваження по 3 розділу

1. В роботі є використання некоректних термінів «приватні методики» стор. 88, «тимчасові інтервали» стор. 89, «барабан з радикальними секціями» стор. 90 і т.д.
2. Використання різних символів: на малюнку 3.9 α , β в тексті α_x , β_x .

Зауваження по 4 розділу

1. В аналізі втрат насіння у відходи не наведено конкретних чисельних значень, що ускладнює порівняння варіантом, що пропонується.
2. Висновки до 4 розділу не містять конкретних числових значень: у скільки разів чи на скільки відсотків запропонований алгоритм є більш ефективним.

Зауваження по 5 розділу

1. Висновки за розділом не містять даних про впровадження, хоча такі підтвердження наведені в додатках.
2. Відсутні вказівки щодо обрахування фактичного економічного ефекту, який вказано в актах впровадження.

Зауваження до Загальних висновків

1. Не наведено цифрових значень щодо отриманих показників зниження енергоємності та підвищення ефективності та продуктивності розробленого сепаратора у порівнянні з існуючими аналогами.
2. У висновках вказано тільки передбачуваний економічний ефект, хоча у актах впровадження є фактичний, який суттєво його перевищує.
3. У загальних висновках також не вказано, що результати досліджень застосовані в учбовому процесі. Хоча у додатках наведено такий акт.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності.

Дисертаційна робота Богомоллова Олександра Олексійовича «Обґрунтування параметрів технологічного процесу сепарації насіння проса на гравітаційних ударних сепараторах» має певні недоліки та зауваження, стилістичні та інші помилки. Але вказані недоліки не принижують її наукової цінності. Рукопис є завершеною науковою роботою, в якій одержані нові теоретично та експериментально обґрунтовані результати, які в сукупності розв'язують наукове завдання підвищення ефективності процесу сепарації насіння проса на гравітаційних ударних сепараторах та розробки його конструкції заслуговує позитивної оцінки. Дисертаційна робота Богомоллова

Олександра Олексійовича «Обґрунтування параметрів технологічного процесу сепарації насіння проса на гравітаційних ударних сепараторах» відповідає паспорту спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування», а її автор присудженню ступеня доктора філософії з технічних наук за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування».

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук, доцент,
завідувач відділення професійної освіти
Харківського державного
професійно-педагогічного фахового
коледжу ім. В.І. Вернадського



Максим СЛІПЧЕНКО

Особистий підпис Сліпченка М.В.
Зроблено 19.08.2026 р.



М.В. Сліпченко