

## ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора

**Котова Бориса Івановича**

на дисертаційну роботу

**Богомолова Олексія Олексійовича**

на тему: *«Обґрунтування параметрів багатоярусного ударного сепаратора для сепарації насіння ріпаку»*

поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

**Актуальність роботи.** Ріпак є цінною олійною та кормовою культурою. Підвищений інтерес до ріпаку обумовлений гарною пристосованістю цієї культури до помірного клімату, високою продуктивністю сучасних сортів, прогресивною технологією оброблення і використання на корм тварин і птиці, збільшенням потреб у виробництві рослинної олії та високобілкових кормів. Недостатня вивченість питань очищення та сушіння насіння ріпаку стримують його розповсюдженість в Україні. Однією з основних проблем підготовки насінневого матеріалу ріпаку є очищення його від важковідокремлюваного насіння бур'янистих рослин. Не вирішеними є питання доочищення фракцій насіння ріпаку після очищення на пневморешітних сепараторах, в яких залишається до 20 % засмічувачів та відходів з засміченістю більше 50 %, які проблемно використовувати навіть для переробки на корм тваринам та птиці. Одним з перспективних способів очищення насіння ріпаку від важковідокремлюваних бур'янистих домішок є сепарація за пружними властивостями. Вона здійснюється шляхом удару насіння по відбивній поверхні й поділу на фракції насіння, що рухаються після відбиття по різних траєкторіях. Недостатня вивченість закономірностей сепарації насіння за пружними властивостями стримує можливості удосконалення робочих органів пристрою, який дозволив би підвищити якість виконання процесу. Тобто, удосконалення способу та засобів для

очищення насіння ріпаку від важковідокремлюваного насіння бур'янистих рослин за пружними властивостями, з метою підвищення його ефективності, є актуальним завданням.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота проводилась у рамках науково-дослідної роботи кафедри механізації виробничих процесів в АПК Луганського національного аграрного університету відповідно до програм науково-дослідних робіт на 2017-2021 рр. «Розробка перспективних технологій, технологічних процесів і засобів механізації в агропромислових комплексах держави» (державний реєстраційний номер № 0117U005023). Експериментальні дослідження проводились на кафедрі «Обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв» Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка.

**Наукове і практичне значення отриманих результатів.** Дисертація Богомолова О.О. є завершеною науковою роботою, яка характеризується високим рівнем актуальності, логічністю змісту та свідчить про особистий внесок здобувача в науку, містить наукову новизну і має теоретичне та практичне значення. В результаті теоретичних та експериментальних досліджень автором: визначено найбільші відмінності властивостей основної культури насіння ріпаку і бур'янів у їхній пружності; розроблено аналітично-експериментальний метод визначення ефективного модулю пружності зернівок кулястої форми, який ґрунтується на розв'язку контактної задачі теорії пружності; встановлені закономірності руху частинки ідеалізованої у вигляді матеріальної точки між деками багатоярусного ударного сепаратора; встановлена залежність продуктивності багатоярусного ударного сепаратора від маси насіння ріпаку та кутів нахилу дек; обґрунтовані раціональні параметри розробленого багатоярусного ударного сепаратора для сепарації насіння ріпаку.

На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень розроблено конструкцію багатоярусного ударного сепаратора, в якому шляхом збільшення кількості ударних випробувань частинок суміші з

робочими поверхнями сепаратора за рахунок більш спрямованої зміни траєкторій руху частинок ефективність процесу сепарації значно збільшується.

Слід особливо відзначити створені спеціальні високопродуктивні прилади для визначення коефіцієнтів тертя, граничних кутів підйому по вібраційній поверхні та пружних властивостей насіння та бур'янів.

Результати наукових досліджень впроваджені у виробництво в фермерських господарствах Харківської області.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків, сформульованих у дисертації, їх достовірність і новизна.**

Наукові положення та висновки, викладені в дисертаційній роботі, є достовірними, новими і науково обґрунтованими, про що свідчать результати теоретичних та експериментальних досліджень, які проведені дисертантом. Виходячи з актуальності теми, автором була поставлена мета і сформульовані задачі досліджень, вирішення яких дозволило обґрунтувати раціональну конструктивно-технологічну схему і визначити конструктивні параметри багатоярусного ударного сепаратора для сепарації насіння ріпаку. Теоретичні дослідження виконані із використанням положень вищої математики та теоретичної механіки. Експериментальні дослідження проводилися на розробленій експериментальній установці на основі прийнятої та розробленої методик із застосуванням математичного планування багатofакторного експерименту.

Основні наукові положення, які одержані автором самостійно за результатами проведених теоретичних і експериментальних досліджень, відображені у восьми пунктах загальних висновків.

**Висновок 1** містить аналіз сучасного стану способів та засобів очищення насіння ріпаку від важковідокремлюваних домішок та свідчить про те, що застосовані способи очищення насіння ріпаку від важковідокремлюваних домішок не забезпечують достатньої якості сепарації.

**Висновок 2** відзначає, що найбільші відмінності серед фізико-механічних властивостей насіння ріпаку та домішок спостерігається в їхній

пружності, тому сепарацію насінневих сумішей насіння ріпаку та домішок рекомендується здійснювати на ударних поверхнях, найбільшої ефективності при цьому можна досягти шляхом збільшення кількості ударних випробувань частинок суміші з робочими поверхнями сепаратора.

У **висновку 3** автором висвітлені інноваційні методи та обладнання для визначення фізико-механічних властивостей насіння ріпаку та важковідокремлюваних домішок, а також приводяться данні стосовно нового запропонованого автором роботи способу визначення ефективного модуля пружності матеріалів кулястої форми, до яких відноситься насіння ріпаку, якій ґрунтується на розв'язку контактної задачі теорії пружності.

**Висновок 4** базується на результатах теоретичних досліджень та обчислюванні основних характеристик удару при вертикальному падінні тіла на пружний півпростір з урахуванням сил гравітації при невеликих швидкостях удару та містить факти того, що урахуванням сили тяжіння під час удару таких малих тіл до яких відноситься насіння ріпаку можна знехтувати.

**Висновок 5** стосується теоретичних досліджень впливу маси тіла, що вдаряє по задемпфованій неколивальній системі на можливість її переходу в осцилятор.

**Висновок 6** стосується встановлених закономірностей руху частинки ідеалізованої в вигляді матеріальної точки між похилими в подовжньо поперечному напрямку деками багатоярусного ударного сепаратора, а саме імпульсу удару, кута нахилу вектора та модуля швидкості та тривалості руху насіння між деками від кута нахилу дек. Найбільш сприятливі значення кутів нахилу для продуктивності знаходяться в межах  $30^{\circ} \dots 50^{\circ}$ .

**Висновок 7** містить результати теоретично встановленої залежності продуктивності багатоярусного ударного сепаратора від маси насіння ріпаку та кутів нахилу дек в межах 8-30 кг/год і відрізняється від експериментальної в межах 15 %, та є достатньо адекватним і достовірним.

**Висновок 8** містить факти експериментальних досліджень, результати обґрунтування та визначення за допомогою багатфакторного експерименту

конструктивних параметрів багатоярусного ударного сепаратора, які дозволили отримати вихід очищеної фракції насіння ріпаку до 68 % при вихідній засміченості більше 15 %, а також результати економічної ефективності впровадження багатоярусного ударного сепаратора у виробництво.

Достовірність отриманих результатів підтверджується обґрунтованістю прийнятих припущень, коректним використанням математичного апарату, даними експериментальних досліджень.

**Повнота викладу наукових положень дисертації в опублікованих роботах.**

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 20 наукових працях, у тому числі: 12 статтях у спеціалізованих наукових виданнях України і 1 стаття у закордонних виданнях (з них 1 у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами), 5 тез у збірниках доповідей наукових конференцій.

Теоретичні та експериментальні результати досліджень, що виносяться на захист, отримані автором самостійно та викладені у наукових роботах. У наукових роботах, які опубліковано у співавторстві, здобувачу належать: результати огляду і аналіз досліджень та визначення напрямку підвищення ефективності процесу сепарації насіння ріпаку, результати математичного моделювання визначення ефективного модуля пружності та процесу сепарації насіння ріпаку на багатоярусному ударному сепараторі, обґрунтування граничних умови та проведення аналізу результатів моделювання; методика і результати проведених експериментів.

**Мова і стиль викладу матеріалу дисертації.** Представлена дисертаційна робота Богомоллова Олексія Олексійовича написана українською мовою, розділи взаємопов'язані, логічно і послідовно розкривають поставлену мету. Дисертація є цілісною і завершеною роботою, яка містить нові наукові результати.

**Структура і зміст дисертації.** Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків 20 сторінках.

Обсяг основного тексту дисертації становить 161 сторінок друкованого тексту, містить 56 рисунків та 15 таблиць. Список використаних джерел нараховує 228 найменувань на 23 сторінках.

У **вступі** розкрита актуальність розробки й удосконалення техніко-технологічного забезпечення процесу сепарації насіння ріпаку від важковідокремлюваних домішок, а також визначені об'єкт та предмет, сформульовані мета та завдання дослідження, наведено основні напрями вирішення завдань, викладені положення, що визначають наукову новизну і практичну значущість роботи та особистий внесок здобувача, містяться відомості щодо публікацій та апробації результатів роботи.

У **першому розділі** «Аналіз сучасного стану технологічного процесу та обладнання для сепарації насіння ріпаку» виконано огляд і аналіз сучасного стану процесів та обладнання для очищення насіння ріпаку від важковідокремлюваних домішок та використання ріпаку на корм тваринам і птиці.

У **другому розділі** «Теоретичні передумови сепарації насіннєвих сумішей за пружними властивостями» запропоновано новий інструментальний аналітично-експериментальний метод визначення ефективного модуля пружності матеріалу зернівок малих розмірів кулястої форми до яких відносяться більшість зернівок сільськогосподарських культур у тому числі зернівок ріпаку, який полягає в стисканні вертикальною силою  $P$  зернівки за радіусом  $R_3$  у сферичній лунки радіуса  $R_L$ . Виведено формулу для визначення ефективного модуля пружності при статичному стисканні тіл. Встановлені закономірності руху частинки ідеалізованої у вигляді матеріальної точки між деками багатоярусного ударного сепаратора від кутів їх нахилу. Теоретично встановлена залежність продуктивності багатоярусного ударного сепаратора від маси насіння ріпаку та кутів нахилу дек.

У **третьому розділі** «Програма й методика експериментальних досліджень» складена програма експериментального дослідження, методика дослідження фізико-механічних властивостей насіння ріпаку, супутніх

бур'янів та домішок. Запропоновано стандартні та розроблено нові методики для визначення фізико-механічних властивостей. Розроблено нові оригінальні прилади для коефіцієнтів тертя, граничних кутів підйому траєкторій руху по вібраційній поверхні та пружних характеристик насіння, що значно скорочують трудовитрати на їх визначення.

У **четвертому розділі** «Експериментальні дослідження» виконані дослідження фізико-механічних властивостей насіння ріпаку та важкороздільних домішок. Встановлені можливі відсотки виділення домішок за тими чи іншими властивостями. Вперше розроблена матриця ознак подільності та способів і обладнання для сепарації насіння ріпаку від домішок. Обґрунтовані конструктивні параметри розробленого багатоярусного ударного сепаратора, визначені за допомогою методів планування багатофакторного експерименту раціональні параметри процесу сепарації насіння ріпаку від важковідокремлюваного насіння бур'янів та домішок.

У **п'ятому розділі** «Техніко-економічна ефективність впровадження багатоярусного ударного сепаратора для очищення насіння ріпаку». Для оцінки ефективності гравітаційного багатоярусного ударного сепаратора були проведені виробничі порівняльні випробування по очищенню насіння ріпаку. У якості машини аналога служив сепаратор серії «САД». Відповідно до мети досліджень і призначенням розробленого багатоярусного ударного сепаратора, основна увага була приділена порівнянню відділення насіння важковідокремлюваних бур'янистих рослин від насіння ріпаку.

#### **Зауваження до роботи:**

1. В першому розділі практично відсутній аналіз теоретичних досліджень попередніх авторів по сепарації зерна за пружними властивостями (О.В. Богомолів, В.П. Богомолова, В.С. Кошулько та інш.)
2. Для опису «контактного зближення тіл після зіткнення» використано диференціальне рівняння (2.7) стор. 67, яке відрізняється від класичного варіанту теорії «пружного удару» наявністю сили тяжіння.

- А результатами досліджень виявлено, що цією силою для насіння ріпаку можна знехтувати. Чому не використати «класичне» рівняння?
3. В підрозділах 2.2 – 2.3 розглядаються питання руху «системи після удару», але рух характеризується переміщенням, а не тільки часом. Як зв'язано переміщення з часом кількісно не оцінено.
  4. Залежність «швидкості опускання» насінини на 1-у деку має включати початкову швидкість, яка не дорівнює нулю; так як частинка падає з бункера то вона має початкову швидкість.
  5. Отримана залежність «продуктивності сепарації» від маси насінини; незрозуміло, що вона визначає, так як продуктивність сепаратора є вихід основної фракції за часом.
  6. На стор. 94 вказано, що «розраховано залежності руху насіння між деками, але в тексті їх не наведено.
  7. Підрозділи 3.24, 3.25, 4.4, 4.5 присвячені дослідженню параметрів процесу на віброуючій площині, але в роботі вібропереміщення не розглядається.
  8. Таблиця 4.4 містить два значення факторів кути  $\alpha$  і  $\beta$  для проведення факторного аналізу, а в отриманому рівнянні регресії (стор. 152, без нумерації формули) представлено три фактори, добавлена відстань між деками.
  9. Рівняння залежності ефективності очищення від конструктивних параметрів у вигляді регресії представлено в кодованому вигляді, що є проміжним етапом визначення функції відгуку. Не показано в яких межах зміни параметрів воно дійсне.
  10. Висновки носять характер констатації зробленого, кількісних оцінок результатів, які наведено в тексті дисертації у висновках замало. Частина завдань використаної роботи у висновках не відображена, хоча в дисертації є результати виконаних завдань.
  11. В тексті має місце некоректні вирази і друкарські похибки.

Вказані недоліки і зауваження не знижують наукової і практичної цінності дисертації і не впливають на позитивну оцінку роботи в цілому.

**Висновок по дисертації.** Дисертація Богомолова Олексія Олексійовича на тему «Обґрунтування параметрів багатоярусного ударного сепаратора для сепарації насіння ріпаку» є завершеним актуальним науковим дослідженням, в якому здійснено істотний внесок в розв'язання науково-прикладної задачі розробки й удосконалення техніко-технологічного забезпечення процесів сепарації насіння ріпаку. Тема, зміст дисертації і автореферату відповідають паспорту спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. За актуальністю і новизною, обґрунтованістю наукових положень та практичних результатів, ступенем апробації результатів дослідження на конференціях і в фахових наукових працях представлена дисертація повністю відповідає існуючим вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук і п.п. 9, 10, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року № 567 (зі змінами) та всім вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор Богомолов Олексій Олексійович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,

Б.І.Котов

Підпис Котова Б.І. завідувач

Членки секретар ПДАТУ



Кобернюк