

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

Богомолов Олексій Олексійович



УДК 631.362

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БАГАТОЯРУСНОГО УДАРНОГО
СЕПАРАТОРА ДЛЯ СЕПАРАЦІЇ НАСІННЯ РІПАКУ

05.05.11 – машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків-2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Луганському національному аграрному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
Брагінець Микола Володимирович,
Харківський національний технічний
університет сільського господарства імені
Петра Василенка, професор кафедри
технічних систем і технологій тваринництва
ім. Б.П. Шабельника

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
Котов Борис Іванович,
Подільський державний аграрно-
технологічний університет, професор
кафедри машиновикористання в АПК

кандидат технічних наук, доцент,
Цуркан Олег Васильович,
Вінницький національний аграрний
університет, директор Ладижинського
коледжу

Захист відбудеться «2» грудня 2020 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.832.04 Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44.

Автореферат розіслано «4» вересня 2020 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Калінін Є.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Виробництво насіння ріпаку у світі з кожним роком збільшується. Підвищений інтерес до ріпаку обумовлений гарною пристосованістю цієї культури до помірного клімату, високою продуктивністю сучасних сортів, прогресивною технологією оброблення і використання на корм тваринам та птиці, збільшенням потреб у виробництві рослинної олії та високобілкових кормів.

Насіння ріпаку є важливим джерелом одержання дешевої рослинної олії та високобілкових кормів. Воно містить до 40...49 % олії, 21...33 % білку, 6...7 % клітковини. Ріпакова олія належить до групи харчових, використовується в натуральному вигляді, при виробництві жирів та маргарину, а також у металургійній, лакофарбовій, миловарній, текстильній промисловості та інше. 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 та домішок: пікульника, підмаренника чипкого, круглеця метельчатого, курячого проса, мишію, горця, склероцій білої гнилі. Не вирішеними є питання доочищення фракцій насіння ріпаку після очищення на пневмо-решітних сепараторах, в яких залишається до 20,1 % 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 рослин та 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 ефективність виконання процесу.

Таким чином, удосконалення способу та обладнання 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 на суміші насіння ріпаку та

важковідокремлюваних домішків засміченістю від 9,8 до 20,1 % та відходах насіння ріпаку після очищення суміші на пневмо-решітних сепараторах типу ОВС-25.

Мета дослідження: підвищення ефективності технологічного процесу сепарації насіння ріпаку від важковідокремлюваних бур'янистих домішок за відмінностями у пружних властивостях шляхом обґрунтування та розробки конструкції багатоярусного ударного сепаратора.

Задачі дослідження:

1. Провести аналіз існуючих технологій, технічних систем та способів сепарації насіння ріпаку і використання його як корму для тварин і птиці.

2. Вивчити фізико-механічні властивості насіння ріпаку і бур'янистих домішок за відмінностями у пружних властивостях.

3. Дослідити закономірності процесу сепарації насіння суміші ріпаку за пружними властивостями, провести теоретичні дослідження пружних характеристик насіння ріпаку та розробити аналітично-експериментальний метод визначення ефективного модуля пружності матеріалів насінин близьких по формі до куль.

4. Розробити математичну модель взаємодії параболоїдних деформівних тіл, до яких можна віднести насіння ріпаку, при їх падінні на ударну поверхню, що сепарує та можливість її переходу в осцилятор.

5. Провести моделювання процесу сепарації насіння ріпаку на похилих в поздовжньо-поперечному напрямку ударних деках багатоярусного ударного сепаратора.

6. Розробити спосіб очищення насіння ріпаку від бур'янистих домішок за пружними властивостями, обґрунтувати конструктивні та технологічні параметри багатоярусного ударного сепаратора для сепарації насіння ріпаку, провести виробничі випробування та визначити його економічну ефективність.

Об'єкт дослідження: процес сепарації за пружними властивостями насінневої суміші ріпаку і важковідокремлюваних бур'янистих рослин та його зв'язок з конструктивними параметрами багатоярусного ударного сепаратора.

Предмет дослідження: встановлення закономірностей взаємодії насіння ріпаку і бур'янів з ударною поверхнею сепаратора і їх наступного руху.

Методи дослідження: сучасні методи з використанням вимірювальних пристроїв, а також теоретичні та розрахунково-експериментальні методи сепарації на базі положень механіки та теорії пружності, методи планування експерименту, оптимізації й статистичного оброблення експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів:

Вперше:

– розроблено аналітично-експериментальний метод визначення ефективного модулю пружності насінин кулястої форми, який ґрунтується на розв'язку контактної задачі теорії пружності;

– отримані залежності для обчислення основних характеристик удару при вертикальному падінні тіла на пружний півпростір з урахуванням дії сил

гравітації при невеликих швидкостях удару, за допомогою яких встановлено, що для таких малих тіл до яких відноситься насіння ріпаку урахуванням сил тяжіння під час удару можна знехтувати.

– розроблено математичну модель взаємодії параболоїдних деформованих тіл, до яких можна віднести насіння ріпаку при їх падінні на ударну поверхню, що сепарує та можливість їх переходу в осцилятор. Встановлено, що при реальних масах тіл під час удару в процесі сепарації, та відносно невеликих швидкостях удару задемпфована неколивальна система якою є поверхня, що сепарує залишається неколивальною.

– встановлені закономірності руху частинки ідеалізованої у вигляді матеріальної точки між похилими в поздовжньо-поперечному напрямку деками багатоярусного ударного сепаратора від маси насінин та кутів нахилу дек.

– теоретично встановлена залежність продуктивності багатоярусного ударного сепаратора від маси насінин ріпаку та кутів нахилу дек.

Отримали подальший розвиток:

– напрям моделювання динаміки удару насінин ріпаку об ударні поверхні, що сепарують при невеликих швидкостях удару.

– встановлені залежності між коефіцієнтом відновлення швидкості під час удару насіння ріпаку, та важковідокремлюваних домішків від їх вологості та висоти падіння на ударну поверхню сепаратора.

Удосконалено:

– спосіб сепарації насіння ріпаку за відмінностями пружних властивостей суміші на багатоярусному ударному сепараторі.

Практичне значення одержаних результатів:

На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень розроблено конструкцію гравітаційного 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. Результати наукових досліджень впроваджені у виробництво в фермерських господарствах «Істок», «Віктор», «Калина» Вовчанського району Харківської області.

Обґрунтовані раціональні параметри енергозберігаючого гравітаційного багатоярусного ударного сепаратора для очищення насіння ріпаку від важко відокремлюваних бур'янистих домішок та склероцій білої гнилі за відмінностями у пружних властивостях, результати яких впроваджено у фермерських господарствах «Ока», «ІВО» Дворічанського району Харківської області.

Розроблені та виготовлені спеціальні високопродуктивні прилади для визначення коефіцієнтів тертя, граничних кутів підйому по вібраційній поверхні та пружних властивостей насіння та бур'янів, які впроваджені в навчальний процес ХНТУСГ ім. П. Василенка.

Використання результатів дослідження можливо при проектуванні ударних сепараторів для очищення насіння ріпаку та інших

сільськогосподарських культур у науково-дослідних і конструкторських організаціях.

На основі матеріалів дисертаційної роботи виготовлені дослідні зразки багатоярусного ударного сепаратора, які використовуються для очищення насінного матеріалу ріпаку від важковідокремлюваних бур'янистих домішок в лініях післязбиральної обробки для подальшого його використання для посіву, а також приготування комбікормів.

Особистий внесок здобувача. Теоретичні та експериментальні результати досліджень, що виносяться на захист, отримані автором самостійно та викладені у роботах [1-20]. У наукових роботах, які опубліковано у співавторстві, здобувачу належать: результати огляду і аналіз досліджень, визначено напрям підвищення ефективності процесу сепарації насіння ріпаку та використання на корм в тваринництві [3-6, 10, 15-20]. Результати математичного моделювання визначення ефективного модуля пружності та процесу сепарації насіння ріпаку на багатоярусному ударному сепараторі, обґрунтовані граничні умови, проведено аналіз результатів моделювання [7, 8, 11, 14]; методика і результати проведених експериментів, наведені результати щодо подальшого застосування розробки [1, 9, 13].

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень були представлені на: XVII – XX Міжнародних науково-практичних конференціях в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв» 25.03.2016р., 7.04.2017р., 19.10.2018р., 8.11.2019р.; науково-практичних конференціях Луганського національного аграрного університету 23.02.2017р., 22.02.2018р., 28.02.2019р.; Міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність».- Харків, 19.11.2018 р. Третій міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності». – Харків-Мелітополь-Кирилівка.- 5.09.2019р., XV-ому та XVI-ому Міжнародних форумах молоді «Молодь і сільськогосподарська техніка у XXI сторіччі».- Харків, ХНТУСГ, 5.04.2019р., 26.03.2020р.

Публікації. 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 – [15]), 5 тез у збірниках доповідей наукових конференцій та 2 статті в інших виданнях.

Структура й обсяг 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.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Дисертація присвячена розробленню концепції, що полягає в можливості підвищення ефективності процесу сепарації насіння ріпаку за пружними властивостями шляхом збільшення кількості ударних випробувань частинок суміші з робочими поверхнями сепаратора і більш спрямованої зміни за рахунок цього траєкторій їх руху в робочому органі сепаратора.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми досліджень та розкрито її зв'язок з науковими програмами; сформульовано мету та завдання досліджень, розкрито предмет, об'єкт, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача; наведено дані про апробацію, публікації, структуру та обсяг роботи.

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

Питаннями моделювання технологічних процесів та підвищення ефективності розділення зернових сумішей займалися: В.В. Гортинський, Г.Е. Листопад, П.М. Заїка, Б.І. Котов, Л.М. Тищенко, О.В. Богомолів, А.І. Завгородній, В.П. Ольшанський, М.В. Бакум, О.В. Козаченко, С.О. Харченко, Al-Sandouk J.M., Gunaji A.S., Mohammad H.A. та інші вчені.

Дослідження по сепарації насіння ріпаку проводились П.В. Токаревим, М.А. Громовим, В.Г. Тихоновим, О.Л. Слукин, В.М. Лук'яненко та ін.

Дослідження по використанню ріпаку на корм тваринам і птиці проводили Ю.О. Чурсінов, Іриной Ратич, Ала Чунчак, Людмила Галушак, О.В. Лакіза, В.О. Ермакова, А. Тучик, О. Корнейчук, С. Коваль та ін.

Аналіз фізико-механічних властивостей насіння ріпаку та важко відокремлюваних домішок свідчить, що діапазони варіювання всіх фізико-механічних властивостей насіння і домішок окрім пружних практично збігаються, що і є причиною складності їх поділу на сучасних пневмо-решетно-трієрних зерноочисних машинах.

Істотні відмінності в коефіцієнтах відновлення швидкості під час удару насіння ріпаку і домішок дозволяють стверджувати що перспективність удосконалення способу та енергозберігаючого обладнання для сепарації сумішей за пружними властивостями компонентів.

Сучасні засоби для сепарації насіння ріпаку в яких сепарація здійснюється за пружними властивостями або за сукупністю фізико-механічних властивостей пружних, коефіцієнтів тертя та форми мають суттєві недоліки. Сепаратори з віброфрикційними робочими органами мають невисоку продуктивність, складну будову та високу енергоємність. У більшості ударних, гравітаційних сепараторів процес здійснюється за рахунок однократного удару насіння по відбивним поверхням, що не виключає випадкових траєкторій їх

руху після відбиття від поверхні, що сепарує і таким чином заниженої якості сепарації.

Сепаратори з віброударними робочими органами мають ті ж недоліки що і віброфрикційні, тому підвищення ефективності процесу сепарації насіння ріпаку за пружними властивостями слід здійснювати шляхом збільшення кількості ударних випробувань частинок суміші з робочими поверхнями сепаратора і більш спрямованої зміни за рахунок цього траєкторій руху частинок суміші в робочому органі сепаратора. Найбільш ефективним напрямком процесу сепарації насіння ріпаку від важко відокремлюваних домішок є удосконалення гравітаційних багатоярусних ударних сепараторів.

У **другому розділі** «Теоретичні передумови сепарації насінневих сумішей за пружними властивостями» запропоновано новий інструментальний аналітично-експериментальний метод визначення ефективного модуля пружності матеріалу зернівок малих розмірів кулястої форми до яких відносяться більшість насінин сільськогосподарських культур у тому числі насінин ріпаку, який полягає в стисканні вертикальною силою P насінини за радіусом R_3 у сферичній лунки радіуса R_l (рис. 1).

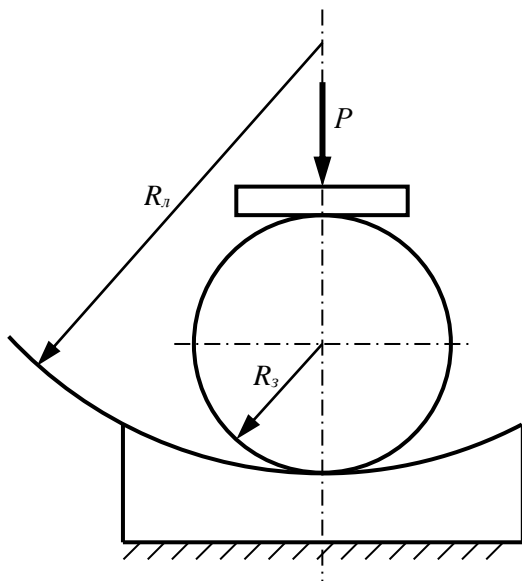


Рисунок 1 – Розрахункова схема стискання зерна

Отримано формулу для визначення ефективного модуля пружності при статичному стисканні тіл:

$$E_e = \frac{3P}{4\gamma^{3/2}} \left(\frac{1}{\sqrt[3]{R}} + \frac{1}{\sqrt[3]{R_3}} \right)^{3/2}, \quad (1)$$

де γ – абсолютне стискання зерна; P – вертикальна сила стискання; R_3 – радіус насінини; R_l – радіус лунки.

Запропоновано також динамічний варіант визначення E_e , який полягає в вертикальному скиданні кулястого зерна масою m з висоти h на горизонтальну металеву плиту:

$$E_e = \frac{15mghR_3^2}{8r^5}. \quad (2)$$

де r – радіус кругової площадки, що утворюється при ударній взаємодії двох тіл; m – маса насінини; g – прискорення вільного падіння; h – висота.

Встановлено, що динамічний спосіб визначення E_e , потребує більш точного виміру розміру контакту, ніж статичний. Рекомендовано з метою запобігання пластичних деформацій в експерименті зерна піддавати малим навантаженням.

Розглянута також задача ударної взаємодії твердого тіла з пружним півпростором з урахуванням ваги падаючого тіла з малої висоти.

Виведення та апробація формул для обчислення основних параметрів

ударної взаємодії параболоїдного важкого тіла з іншим пружним тілом великої маси (півпростором) якою є поверхня, що сепарує при вертикальному падінні з малої висоти, має важливе значення при теоретичних дослідженнях стосовно того чи враховувати силу тяжіння під час удару, чи нею можна знехтувати.

Масу тіла, тобто поверхню, що сепарує, яка піддається удару, вважаємо нескінченною його приймаємо за пружний півпростір, утворений горизонтальною площиною. Контактне зближення тіл після зіткнення $x = x(t)$ описуємо диференціальним рівнянням:

$$m\ddot{x} = mg - \beta x^{3/2}, \quad (3)$$

у якому:

$$\beta = \frac{4\sqrt{R_1}}{3Q} \frac{\left(1 + 3\varepsilon^2/8 + 15\varepsilon^4/64\right)^{1/2}}{\left(1 + \varepsilon^2/4 + 9\varepsilon^4/64 + 25\varepsilon^6/256\right)^{3/2}}; \quad (4)$$

$$Q = \frac{1 - \mu^2}{E} + \frac{1 - \mu_{II}^2}{E_{II}}; \quad (5)$$

$$\varepsilon^2 = \sqrt{\frac{16\left(5 + R_2/R_1\right)^2}{9\left(3 + R_2/R_1\right)^2} + \frac{64\left(1 - R_2/R_1\right)}{3\left(3 + R_2/R_1\right)} - \frac{4\left(5 + R_2/R_1\right)}{3\left(3 + R_2/R_1\right)}}. \quad (6)$$

де m – маса тіла, що вдаряє; E , μ – його модуль пружності та коефіцієнт Пуассона; $R_1 \geq R_2$ – головні радіуси кривини поверхні тіла в зоні контакту з півпростором; E_{II} , μ_{II} – модуль пружності та коефіцієнт Пуассона півпростору; g – прискорення вільного падіння; крапка над x означає похідну за часом t .

Після перетворень та інтегрувань та розрахунків знайдено максимум сили контактної взаємодії P_{\max} , бо:

$$P_{\max} = \beta \gamma^{3/2}. \quad (7)$$

При цьому максимумами півосей еліптичної області контакту становлять:

$$a_{\max} = \left[\frac{3}{4} Q P_{\max} R_1 \left(1 + \frac{3}{8} \varepsilon^2 + \frac{15}{64} \varepsilon^4 \right) \right]^{1/3}; \quad (8)$$

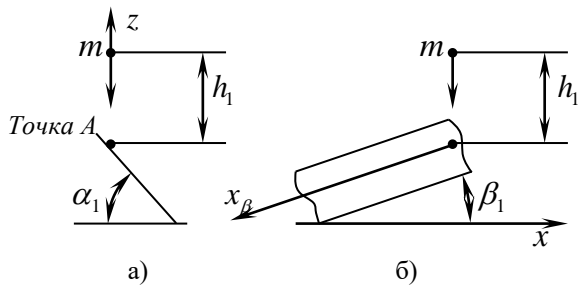
$$b_{\max} = a_{\max} \sqrt{1 - \varepsilon^2}, \quad (9)$$

а максимальний тиск q_{\max} в центрі цієї області дорівнює:

$$q_{\max} = \frac{3P_{\max}}{2\pi a_{\max} b_{\max}}. \quad (10)$$

Розрахунками встановлено, що урахування дії сили гравітації, при невеликих швидкостях удару суттєво збільшує розрахункові величини порівняно до тих, що дає класична теорія, але для таких малих тіл до яких відноситься зерно ріпаку урахування сили тяжіння під час удару можна знехтувати.

Моделювання процесу сепарації насіння ріпаку на багатоярусному ударному сепараторі з багаторазовими зіткненнями його з похилими в



а – вид спереду, б – вид з боку:

α_1 – кут нахилу деки у горизонтальній площині; β_1 – кут нахилу деки у поздовжній вісі x до горизонту
Рисунок 2 – Схема руху насіння з виходу бункера на деку

поздовжньо-поперечному напрямку деками розглянуто як переміщення частинки ідеалізованої в вигляді матеріальної точки (рис. 2). Після розв'язку задачі руху частинки між опозитно встановленими похилими в поздовжньо-поперечному напрямку деками отримані залежності кутів нахилу швидкостей:

- до удару об i -у деку:

$$\varphi_{xi} = \arccos\left(\frac{v_{xi}}{v_{i-1}}\right), \quad (11)$$

- після удару об i -у деку:

$$\varphi_i = \arctg\left(-\frac{\text{ctg}(\beta_i + \alpha)}{K_{vi}}\right); \quad (12)$$

швидкості частинки після удару:

$$v_i = v_i \sqrt{(-\cos(\beta_i + \alpha))^2 + K_{vi}^2 (-\sin(\beta_i + \alpha))^2}; \quad (13)$$

імпульсу сили після удару об i -у деку:

$$S_i = mv_i \sin(\beta_i + \alpha)(K_{vi} - 1), \quad (14)$$

та час проходження частинки після удару об $i-1$ деку до i -ї деки

$$t_{x,(i+1,i)} = \frac{xm_i}{S_i \sin \alpha};$$

$$t_{y,(i+1,i)} = \frac{\frac{S_i g}{m_i} \cos \alpha \mp \sqrt{\left(\frac{S_i y}{m_i} \cos \alpha\right)^2 - 6gy}}{3g}, \quad (15)$$

де i – номер деки; m_i – маса i -ї насінини, Н·с²/м; g – прискорення вільного падіння, м/с²; y – відстань по вертикалі між деками $i+1$ та i , м; x – імпульс сили відбитої насінини від деки i , Н·с.

Загальний час проходження насінини буде

$$t_{\text{сум}} = t + t_1 + t_2 + t_3 + t_i, \quad (16)$$

де t – тривалість проходження насіння від бункера до першої деки, с; t_1 – тривалість проходження насіння від першої до другої деки, с; t_2 – тривалість проходження насіння від другого до третього удару, с; t_3 – тривалість проходження насіння від третього до i -го удару, с; t_i – тривалість проходження насіння від i -го до $i+1$ удару.

Продуктивність сепарації визначаємо за наступною залежністю для насіння m_i маси:

$$Q_{c,m_i} = \frac{m_{i1000} \delta_{m_i}}{t_{\text{сум},m_i} \cdot 10^3}, \quad \text{кг/с} \quad (17)$$

де m_{i1000} – маса 1000 насіння i -го розмірного ряду, грам (наприклад, $m_1=2,5$; $m_2=5,0$; $m_3=7,5$); δ_{m_i} – відсоток фракції заданої маси в 1000 насінні;

$t_{\text{сум.}m_i}$ – сумарний час проходження насіння масою m_i від бункера до останнього удару, с.

За допомогою програми Mathcad були розраховані залежності руху насіння між деками. Залежності модуля швидкості насінин при ударі від їх маси та кута установки декі представлені на рис. 3. Як видно з рис. 3. величина модуля швидкості частинки після удару не залежить від маси насінини і зростає при збільшенні нахилу декі в межах від 10° до 50° . А найбільш сприятливими для сепарації будуть кути нахилу в межах $40^\circ \dots 50^\circ$.

На рис. 4. представлені залежності продуктивності сепарації від маси насінин і кута установки декі. Як видно з рис. 4. продуктивність сепарації дещо збільшується з підвищенням кута установки декі в межах $10^\circ \dots 50^\circ$ та значно зростає в залежності від маси насінин і коливається від 8 до 30 кг/год. для одного яруса.

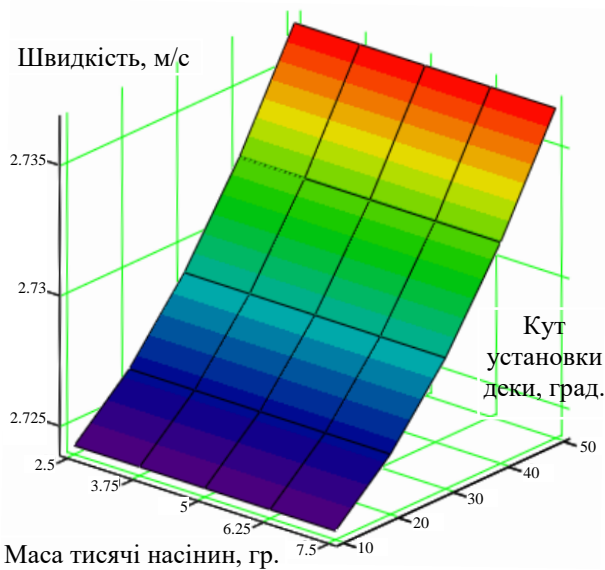


Рисунок 3 – Залежність модуля швидкості насінини від її маси і кута установки декі

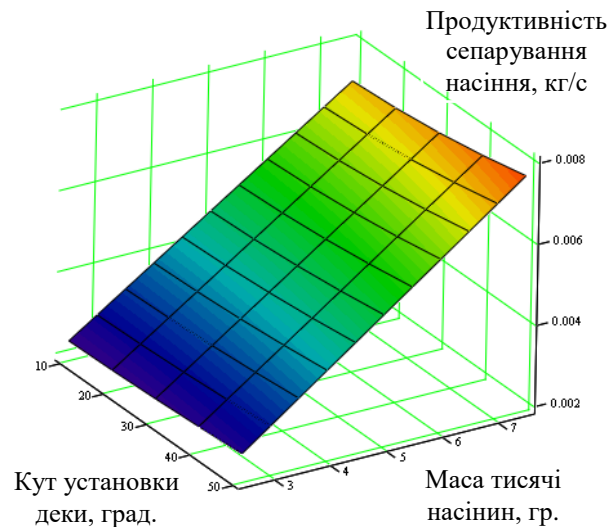
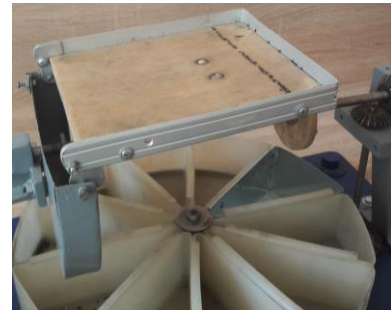
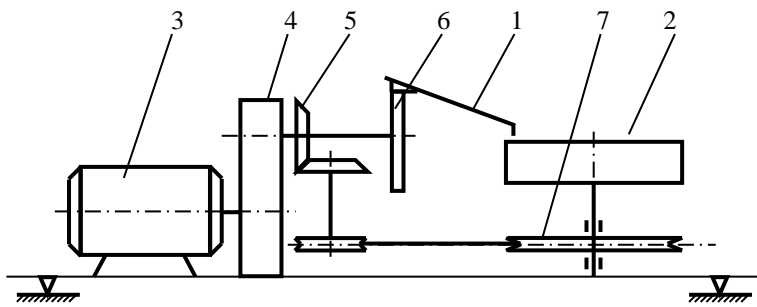


Рисунок 4 – Продуктивність сепарації від маси насінини і кута установки декі

Таким чином дослідження цих моделей дозволило розробити алгоритм інженерного розрахунку конструкційних параметрів багатоярусного ударного сепаратора.

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.

Схема одного з нових розроблених приладів, а саме схема приладу для визначення коефіцієнтів тертя представлена на рис. 5.



1 – похила площина; 2 – барабан з приймачами продуктів; 3 – електропривод;
4 – редуктор; 5 – конічна передача; 6 – кулачок; 7 – ланцюгова передача
Рисунок 5 – Схема та зовнішній вигляд приладу для визначення коефіцієнтів тертя

Прилад складається з похилої площини 1, приймача продуктів 2, який виконаний у вигляді барабана, електропривода 3, редуктора 4, конічної передачі 5, кулачка 6 та ланцюгової передачі 7, що зв'язують механізм підйому поверхні тертя з механізмом обертання барабана.

На похилій площині приладу розміщується насіння всієї наважки і за рахунок одночасного підйому площини за допомогою кулачка та обертання барабана з приймачами за допомогою редуктора, конічної та ланцюгової передач, насіння в залежності від величини коефіцієнтів тертя потрапляє в різні приймачі. Після цього підраховується та вибудовуються їх варіаційні криві або ряди.

Цей процес на відміну від відомих здійснюється за результатом проведення одного експерименту, за рахунок чого продуктивність визначення коефіцієнтів тертя сипких сумішей значно зростає.

Для проведення експериментальних досліджень процесів очищення насіння ріпаку застосовано методи багатофакторного планування, а саме симплекс-планування та метод центрально-композиційного планування.

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.

Ця матриця дозволяє проаналізувати вихідну суміш на засміченість, залежно від того якими бур'янами вона була засмічена вибрати той або інший спосіб і засіб сепарації з використанням існуючих способів, запропонованих у даній роботі, а не випробувати усі існуючі, тим самим значно скоротивши час на пошук способу сепарації.

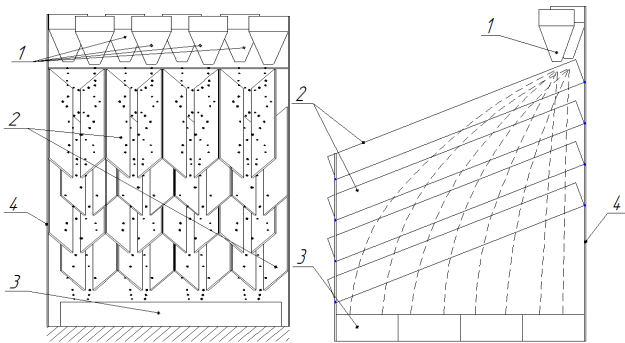
Для визначення конструктивних параметрів гравітаційного багатоярусного сепаратора були прораховані пружні відбиття насінини від похилої декі протягом декількох ударів, визначена відстань між відскоками дальністю польоту після першого удару та в процесі декількох відскоків при коефіцієнтах відновлення швидкості від 0,2 до 0,5.

Враховуючі те, що швидкість зерна в момент удару V_0 є достатньою і діапазонів 1...3 м/с з конструктивних міркувань та з метою меншої

травмованості насіння відстань між ярусами прийнята 0,3 м. З урахуванням дальності польоту після одного удару та в процесі п'яти відскоків поперечний розмір робочої поверхні якій визначається дальністю за один удар прийнято 0,16 м тобто в два рази більше ніж дальність польоту частинки після першого удару. Поздовжнім розміром робочої поверхні визначається кількість ударів частинок, тобто чим більше поздовжній розмір тим краще, так вже за 5 відскоків при $\alpha = 30^\circ$ частинки ріпаку з коефіцієнтом відновлення $R = 0,5$ перемістяться на довжину до 1,12 м.

В той же час частинки бур'янів з коефіцієнтом практично для них максимальним до $R = 0,3 \dots 0,4$ перемістяться на величину не більшу 0,65 м.

Тож враховуючи те, що удари частинки випробовують з опозитно встановленими поверхнями поздовжній розмір поверхонь прийнято 1,5 м.



1 – бункер; 2 – ударні сепаруючі поверхні; 3 – приймачі продуктів сепарації; 4 – корпус сепаратора

Рисунок 6 – Принципіальна схема багатоярусного ударного сепаратора

Принципіальна схема розробленого багатоярусного ударного сепаратора представлена на рис. 6.

Багатоярусний ударний сепаратор складається з одного або декількох модулів залежно від продуктивності. Багатоярусний ударний сепаратор складається з живильного бункера 1, похилих з поздовжньо-поперечним нахилом неперфорованих дек 2 встановлених в чотири яруси і приймачів продуктів поділу 3. У кожному ярусі декі встановлені опозитно одна одній, а

кожний нижчий ярус зміщений в поперечному напрямку послідовно в ту чи іншу сторону на величину від $\frac{1}{3}$ до $\frac{2}{3}$ ширини робочої поверхні.



Рисунок 7 – Загальний вид модуля багатоярусного ударного сепаратора

Загальний вид багатоярусного ударного сепаратора представлений на рис. 7.

Для досліджень впливу подачі і засміченості на вихід очищеної фракції була прийнята суміші насіння ріпаку врожаю 2018 р. засміченістю 9,8 %, 15,2 % та 20,1 % (на графіках показані криві 1, 2 і 3). Поперечний кут нахилу робочих поверхонь був прийнятий 45° , поздовжній 15° . Подача суміші змінювалася від 80 до 240 кг/год. Результати досліджень представлено на (рис. 8). Як видно з рис. 8 вихід очищеної фракції суттєво залежить від подачі суміші, а також від її засміченості. Вихід очищеної

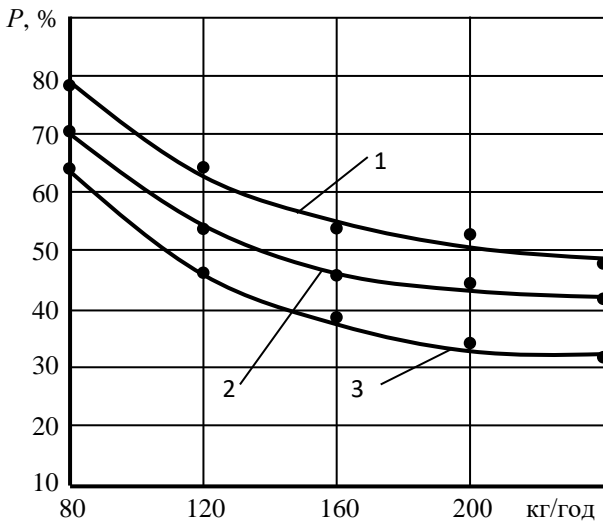


Рисунок 8 – Вплив подачі на вихід очищеної фракції

залежить від кількості ярусів ударного сепаратора і змінюється від 26 % до 68 % при вихідній засміченості 15,2 % при випробуваннях відповідно на одному ярусі і на чотирьох.

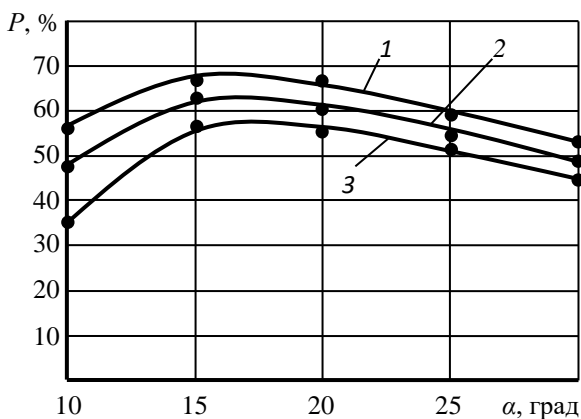


Рисунок 9 – Вплив кутів нахилу ударних поверхонь на вихід очищеної фракції

залежить від поздовжнього кута нахилу робочих поверхонь і змінюється, наприклад, для суміші засміченістю 15,2 % від 48 % до 63 %, маючи при цьому яскраво виражені екстремуми.

Проведеними дослідженнями встановлено, що найбільш доцільно процес сепарації сипучої суміші ріпаку слід вести при подачі вихідної суміші до 90 кг/год. на один модуль сепаратора, кількість ярусів необхідно мати не менш чотирьох, поперечний кут нахилу встановити 45°, поздовжній 15...20°.

Для визначення оптимальних параметрів процесу сепарації були проведені експериментальні дослідження з очищення на багатоярусному ударному сепараторі відходів насіння ріпаку після очищення на пневморешітно-триєрних машинах на двох сумішах. У першій суміші кількість насіння ріпаку складала 46,1 %, або, якщо користуватися загальноприйнятим терміном, засміченість становила 53,9 %, у другій суміші засміченості

фракції при цьому змінюється від 42 % до 68 % при вихідній засміченості 15,2 %. У сумішах засміченістю 20,1 % та 9,8 % вихід очищеної фракції змінювався від 32 % до 63% і від 49 % до 78 % відповідно. Тобто зі збільшенням подачі і засміченості вихід очищеної фракції зменшується.

Дослідження впливу кількості ярусів і засміченості на вихід очищеної фракції проводилися при постійній подачі 90 кг/год. на сумішах тієї ж засміченості. В результаті досліджень встановлено, що вихід очищеної фракції практично прямо пропорційно

Дослідження впливу кутів нахилу робочих поверхонь і засміченості на вихід очищеної фракції проводилися при постійній подачі 90 кг/год. на тих же сумішах, що відрізняється від теоретичних досліджень в межах 15 %. При дослідженнях кутів нахилу поперечний кут приймався фіксованим 25°, 35°, 45° і 55° зі зміною поздовжнього кута нахилу від 10° до 30° з інтервалом в 5°. Результати досліджень при $\alpha = 45^\circ$ представлені на (рис. 9).

Дослідженнями встановлено, що вихід очищеної фракції значною мірою

складала 15,2 %. Для визначення оптимальних параметрів процесу сепарації першої суміші був застосований метод симплекс планування багатofакторного експерименту.

За допомогою симплекс планування знайдено, що позовжній кут нахилу робочих поверхонь сепаратора, становить $\alpha = 6,5^\circ$, поперечний – $\beta = 45^\circ$ при фіксованій подачі 90 кг/год., вихід очищеної фракції при цьому становить 49,2 %.

Для суміші насіння ріпаку з засміченістю 15,2 % раціональні параметри процесу сепарації насіння ріпаку були знайдені за допомогою багатofакторного планування експерименту шляхом використання трирівневого плану Боксу-Бенкіна другого порядку. В якості факторів були прийняті позовжній кут нахилу робочих поверхонь α_c , поперечний кут нахилу робочих поверхонь β_c , відстань між ярусами L_c , закодовані як $x_1 - \alpha_c$; $x_2 - \beta_c$; $x_3 - L_c$.

Отримано рівняння регресії:

$$y = 67,56 + 1,06x_1 - 3,86x_2 + 1,17x_3 + 2,2x_{12} + 0,50x_{13} + 0,13x_{23} - 5,14x_1^2 - 6,43x_2^2 - 4,48x_3^2. \quad (21)$$

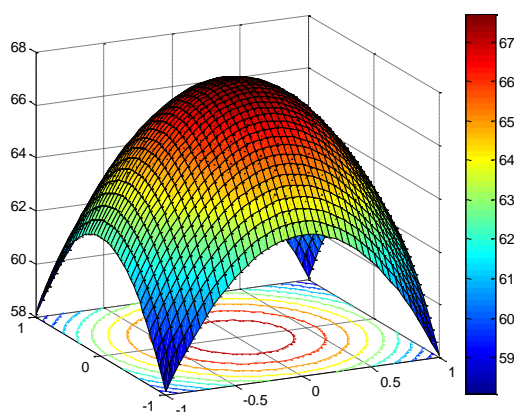


Рисунок 10 – Поверхні відгуку, що характеризує вихід очищеної фракції при $x_2 = 0$

випробування по очищенню насіння ріпаку. У якості машини аналога служив сепаратор серії «САД».

Випробування проводилися на суміші насіння ріпаку засміченістю важковідокремлюваними домішками 15,2 %, та відходів, що спрямовувались на доробку засміченістю 53,9 %.

Перша суміш це суміш насіння ріпаку, яка спрямовувалась на доочищення на сепараторі «САД» після очищення її на зерноочисній машині ОВС-25, на якій здійснюється очищення насіння більшості сільськогосподарських культур в селянському фермерському господарстві (СГФ) «Калина» Вовчанського району, Харківської області.

Друга суміш це відходи засміченістю 53,9 %, що спрямовувались на повторну доробку на багатоярусному ударному сепараторі.

Результати сепарації сумішей засміченістю 15,2 % представлені на

З якого визначено значення параметра оптимізації, яке склало 67...68 %, при $\alpha_c = 15 \pm 2,5^\circ$; $\beta_c = 45 \pm 2,5^\circ$; $L_c = 0,3 \pm 0,02$ м.

На рис. 10 представлені поверхні відгуку, які характеризують вихід очищеної фракції при $\beta_c = 45^\circ$.

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

рис. 11, 12. Результати проведених експериментів показують, що на багатоярусному ударному сепараторі вихід очищеної фракції при об'єднанні 7, 8 та 9 фракцій складає 68 %, на сепараторі «САД» 35,2 % при об'єднанні 1 та 2 фракції.

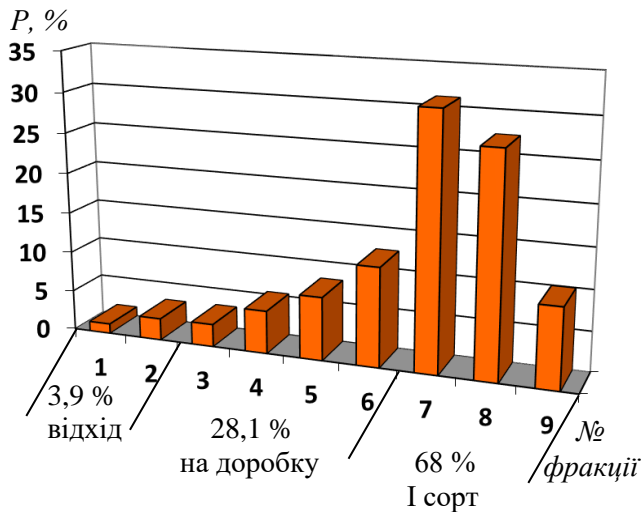


Рисунок 11 – Результати сепарації насіння ріпаку на багатоярусному ударному сепараторі, засміченість суміші – 15,2 %

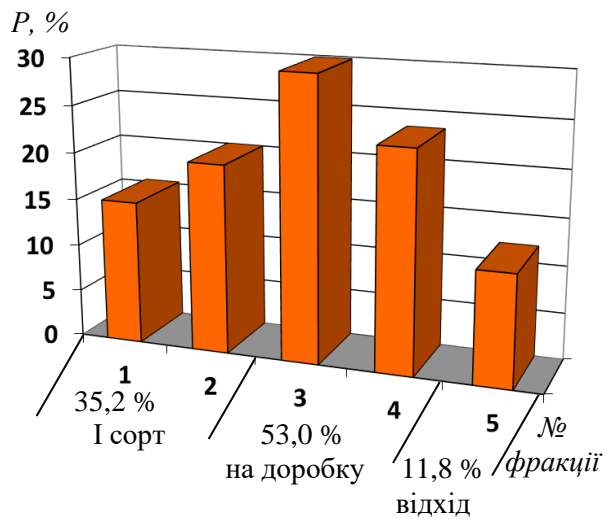


Рисунок 12 – Результати сепарації насіння ріпаку на машині серії «САД», засміченість суміші – 15,2 %

Проведені експерименти при сепарації насіння ріпаку засміченістю 53,9 % на багатоярусному ударному сепараторі та машині серії «САД» показали, що змішуючи три фракції насіння ріпаку відсепаровані на багатоярусному ударному сепараторі можна отримати до 49 % очищеного насіння ріпаку, в той же час на сепараторі серії «САД» очистити насіння ріпаку при такій засміченості неможливо.

На підставі аналізу засміченості зразків матеріалу, що надходить після очищення на сепараторі ОВС-25, було встановлено: в умовах насінницьких господарств застосування багатоярусного ударного сепаратора для очищення насіння ріпаку від важковідокремлюваних бур'янистих домішок дозволяє одержати до 68 % насіння ріпаку I класу при вихідній засміченості до 15,2 %, у той час як серійним сепаратором «САД» досягається одержання виходу насіння I класу 35,2 %.

В багатоярусному ударному сепараторі енергія на процес сепарації не витрачається тому, що насіння в процесі сепарації переміщується тільки під дією сили ваги та ударної взаємодії частинок суміші з робочими поверхнями сепаратора.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота спрямована на розв'язання науково-технічної задачі, яка полягає у підвищенні ефективності процесу сепарації насіння ріпаку за пружними властивостями шляхом збільшення кількості ударних випробувань частинок суміші з робочими поверхнями сепаратора і більш спрямованої зміни за рахунок цього траєкторій руху частинок суміші.

Виконане дисертаційне дослідження обґрунтування параметрів багатоярусного ударного сепаратора для сепарації насіння ріпаку дозволило сформулювати наступні висновки.

1. Аналіз сучасного стану очистки насінневого матеріалу ріпаку та використання його на корм тваринам і птиці свідчить, що застосовані способи очищення від важковідокремлюваних домішків не забезпечують достатньої якості сепарації. Найбільші труднощі викликає відділення насіння підмаренника чипкого, пікульника, круглеця метельчатого, курячого проса, горця, мишію, склероцій білої гнилі. Повторні пропуски насіння крізь повітре-решітно-трієрні машини призводять до збільшення енергоємності процесів очищення. У спеціальних очисних машин – пневмостолів, падді-машин, віброфрікційних машин процеси сепарації також є найбільш енергоємними.

2. Встановлено, що найбільші відмінності серед фізико-механічних властивостей насіння ріпаку і домішків спостерігаються в їхній пружності, тому сепарацію насінневих сумішей ріпаку та домішків слід здійснювати за допомогою удару по відбивним поверхням з послідуєчим поділом компонентів за відмінністю в траєкторіях їх руху, причому найбільша ефективність досягається шляхом збільшення кількості ударних випробувань частинок суміші з робочими поверхнями сепаратора і більш спрямованою зміною, за рахунок цього траєкторій руху частинок з різною пружністю в робочому органі сепаратора.

3. Розроблені інноваційні методи та обладнання для визначення фізико-механічних властивостей насіння ріпаку та важковідокремлюваних домішків, а саме прилади для визначення коефіцієнтів тертя, пружних характеристик граничних кутів підйому та траєкторій руху по вібраційним фрикційним поверхням, а також запропоновано новий спосіб визначення ефективного модуля пружності матеріалу насінин кулястої форми, що ґрунтується на розв'язку контактної задачі теорії пружності.

4. Встановлені закономірності основних характеристик удару при вертикальному падінні тіла на пружний півпростір в яких урахування сили гравітації при невеликих швидкостях удару, суттєво збільшує розрахункові величини для важких тіл порівняно до тих, що дає класична теорія. Але для таких малих тіл до яких відносяться насіння ріпаку урахуванням сили тяжіння під час удару можна знехтувати, тому що збільшення сили удару не перевищує 0,0005 %.

5. Теоретичними дослідженнями встановлено, що в залежності від маси тіла, яке вдаряє по задемпфованій неколивальній системі, після удару вона може переходити в осцилятор або залишатись неколивальною. Тіла малої маси якими є зерно не можуть перетворити її в осцилятор і система залишається неколивальною.

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

7. Теоретично встановлена залежність продуктивності багатоярусного ударного сепаратора від маси насіння ріпаку та кутів нахилу дек, яка для насіння ріпаку коливається в межах від 8 до 30 кг/год. для одного модуля сепаратора, що відрізняється від експериментальних досліджень в межах 15 %.

8. Розроблена матриця ознак подільності та способів сепарації насіння ріпаку від важковідокремлюваних домішок. Обґрунтовані та визначені конструктивні параметри гравітаційного багатоярусного ударного сепаратора для сепарації насіння ріпаку від важковідокремлюваних домішок. Знайдені за допомогою планування багатофакторного експерименту раціональні параметри процесу сепарації дозволили отримати вихід очищеної фракції насіння ріпаку до 67...68 % при вихідній засміченості 15,2 % та подачі 90 кг/год на один блок є такими: $\alpha_c = 15 \pm 2,5^\circ$; $\beta_c = 45 \pm 2,5^\circ$; $L_c = 0,3 \pm 0,02$ м. Економічний ефект від впровадження гравітаційного багатоярусного ударного сепаратора в п'яти фермерських господарствах склав 5126 тис.грн.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Список публікацій, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Богомолів О.В. Дослідження фізико-механічних властивостей насіння ріпаку та домішок / О.В. Богомолів, М.В. Брагінець, О.О. Богомолів // Сучасні напрями технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв: Вісник ХНТУСГ. – Х.: – 2015. – Вип. № 166. – С. 235–240.

2. Богомолів О.О. До питання сепарації насіння ріпаку / О.О. Богомолів // Сучасні напрями технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв: Вісник ХНТУСГ. – Х.: – 2016. – Вип. № 179. – С. 59–63.

3. Богомолів О.В. Питання розвитку зернопереробної галузі агропромислового комплексу України. / О.В. Богомолів, М.В. Брагінець, О.О. Богомолів // Інженерія переробних і харчових виробництв. – Х.: – 2017. – № 2(1). – С. 8–11.

4. Богомолів О.О. Аналіз конструкцій сепараторів для сепарації важкороздільних зернових сумішей. / О.О. Богомолів // Інженерія переробних і харчових виробництв. – Х.: – 2017. – № 2(1). – С. 47–51.

5. Богомолів А.В.К разработке энергоэффективного способа сепарации частиц на профилях наименьшего сопротивления / А.В. Богомолів, Н.В. Брагінець, А.А. Богомолів // Інженерія переробних і харчових виробництв. – Х.: – 2016. – № 2. – С. 55–61.

6. Богомолів А.В.К разработке сепаратора сыпучих смесей с профилями наименьшего сопротивления / А.В. Богомолів, М.В. Сергиенко, И.О. Бабаев, Н.В. Брагінець, А.А. Богомолів // Сучасні напрями технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв: Вісник ХНТУСГ. – Х.: – 2016. – Вип. № 179. – С. 5–10.

7. Ольшанський В.П. Про перетворення ударом задемпфованої механічної системи в осцилятор / В.П. Ольшанський, О.В. Богомолів, О.О. Богомолів // Сучасні напрями технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв: Вісник ХНТУСГ. – Х.: – 2018. – Вип. № 194. – С. 18–31.

8. Ольшанський В.П. Про взаємодію важкого твердого тіла з пружним півпростором. / В.П. Ольшанський, О.В. Богомолів, О.О. Богомолів // Сучасні

напрями технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв: Вісник ХНТУСГ. – Х.: – 2018. – Вип. № 194. – С. 38–46.

9. Богомолів О.В. До питання сепарації зернових сумішей за сукупністю пружних та аеродинамічних властивостей / О.В. Богомолів, О.І. Завгородній, В.П. Ольшанський, О.О. Богомолів // Сучасні напрями технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв: Вісник ХНТУСГ. – Х.: – 2019. – Вип. № 207. – С. 5–12.

10. Богомолів О.В. Удосконалення конструкції гравітаційного багатоярусного ударного сепаратора / О.В. Богомолів, М.В. Брагінець, А.Р. Мазунов, Е.М. Науменко, О.О. Богомолів, В.П. Богомолів // Сучасні напрями технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв: Вісник ХНТУСГ. – Х.: – 2019. – Вип. № 207. – С. 75–81.

11. Oscillations with positional friction under mechanical hock / Vasyl Olshansky, Oleksii Bogomolov, Oleksii Bogomolov, Viktor Irklienko, Lilia Kys-Korkyshenko // Тека. A QUARTER JOURNAL OF AGRI-FOOD INDUSTRY. – 2019, Vol. 19, № 1, P. 49-58.

12. Богомолів О.О. Сепарація насіння ріпаку / О.О. Богомолів // Техніка та енергетика. Журнал наукових досліджень сільськогосподарського виробництва. – Київ.: 2020. – Вип. 11. №2 – С. 145-150.

13. Брагінець М.В. Використання ріпаку на корм тваринам та птиці та його очищення. / М.В. Брагінець, О.В. Богомолів, О.О. Богомолів / Іноваційне технічне забезпечення галузі тваринництва: Вісник ХНТУСГ. – Х.: 2020. Вип. 209. – с. 141.

14. Брагінець М.В. Моделювання процесу сепарації насіння ріпаку сепаратором ударної дії. / М.В. Брагінець, В.Т. Дмитрів, В.С. Хмельовський, О.В. Богомолів, О.О. Богомолів // Техніка та енергетика. Журнал наукових досліджень сільськогосподарського виробництва. – Київ.: 2020. – Вип. 11. №2 – С. 157-164.

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

15. Богомолів О.В. Енергозберігаючий процес сепарації насіння ріпаку / О.В. Богомолів, М.В. Брагінець, О.О. Богомолів // Матеріали третьої міжнародної науково-практичної конференції «Іноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності». – Харків – Мелітополь – Кирилівка, Україна. – 2019. – С. 17–19.

16. Богомолів О.О. Очищення насіння ріпаку на гравітаційному багатоярусному ударному сепараторі / О.О. Богомолів, І.О. Бабаєв, В.О. Яковенко, М.В. Брагінець // Матеріали XV-го міжнародного форуму молоді «Молодь і сільськогосподарська техніка у XXI сторіччі». – Харків, ХНТУСГ. – 2019. – С. 35–36.

17. Богомолів О.О. Очищення насіння ріпаку на гравітаційному багатоярусному ударному сепараторі / М.В. Брагінець, О.О. Богомолів // Матеріали XVI-го міжнародного форуму молоді «Молодь і сільськогосподарська техніка у XXI сторіччі». – Харків, ХНТУСГ. – 2020. – С. 35–36.

Матеріали, які додатково відображають наукові матеріали дисертації:

18. A.P.Palii, Y.S.Ulko, O.O.Bogomolov, L.V.Kis-Korkishchenko, M.D.Kambur, A.A.Zamaziy, N.M.Brit, I.M.Boiko, I.V.Grebnova, Y.O.Kovalchuk,

A.P.Paliy. Species composition of microbiota of cows udder and raw milk quality at mastitis. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020, 10(3), doi: 10. 15421/2020.

19. Богомолів О.В. Підвищення ефективності роботи зернових норій / О.В. Богомолів, І.М. Лук'янов, Л.В. Кісь, О.О. Богомолів // Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність». – Харків, ХДУХТ. – 2018. С. 309–310.

20. Богомолів О.О. Про перетворення ударом задемпфованої механічної системи в осцилятор / О.О. Богомолів, Д.Ю. Тімченко, І.Ю. Ткаченко, В.П. Ольшанський. // Матеріали XV-го міжнародного форуму молоді «Молодь і сільськогосподарська техніка у XXI сторіччі». – Харків, ХНТУСГ. – 2019. – С. 37.

АНОТАЦІЯ

Богомолів О.О. Обґрунтування параметрів багатоярусного ударного сепаратора для сепарації насіння ріпаку. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва Міністерства освіти і науки України. Харків, 2020.

Експериментальні дослідження проводились на кафедрі «Обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв» Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка на сумішах насіння ріпаку засміченістю 9,8...20,1 % та відходах насіння ріпаку після очищення суміші на пневмо-решітних сепараторах.

В дисертації вирішено наукове завдання направлене на підвищення ефективності технологічного процесу сепарації насіння ріпаку від важковідокремлених домішок та використання його на корм тваринам і птиці та посів.

В роботі наведено аналіз фізико-механічних властивостей насіння ріпаку та важковідокремлюваних домішок. Встановлено, що найбільші відмінності властивостей основної культури та важковідокремлюваних домішок спостерігаються в їх пружності, а також залежності між коефіцієнтом відновлення швидкості під час удару та основними параметрами робочого органу.

Розроблено аналітично-експериментальний метод визначення ефективного модуля пружності насінинок кулястої форми, який ґрунтується на розв'язку контактної задачі теорії пружності.

Обґрунтовані раціональні параметри розробленого багатоярусного ударного сепаратора для сепарації насіння ріпаку. Розроблено конструкцію гравітаційного 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.

Ключові слова: сепарація, ріпак, фізико-механічні властивості, ударний сепаратор, модуль пружності, коефіцієнт тертя, коефіцієнт відновлення, переміщення, раціональні параметри.

АННОТАЦИЯ

Богомолов А.А. Обоснование параметров многоярусного ударного сепаратора для сепарации семян рапса. – На правах рукописи.

Диссертация на присуждение научной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства Министерства просвещения и науки Украины. Харьков, 2020.

Экспериментальные исследования проводились на кафедре «Оборудование инжиниринга перерабатывающих и пищевых производств» Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко на смесях семян рапса засоренностью 9,8...20,1 % и отходах семян рапса после очистки смеси на пневмо-решетных сепараторах.

В диссертации решена научная задача, направленная на повышение эффективности процесса сепарации семян рапса от трудноотделимых бурьянистых примесей и использование его на корм животным, птицы, а также посев.

В работе приведен анализ физико-механических свойств семян рапса от трудноотделимых примесей. Установлено, что наибольшие отличия свойств основной культуры и трудноотделимых примесей, наблюдаются в их упругости, а также зависимости между коэффициентом восстановления скорости во время удара и основными параметрами сепаратора.

Разработан аналитико-экспериментальный метод определения эффективного модуля упругости семян округлой формы, который базируется на решении контактной задачи теории упругости.

Установлено, что в теоретических расчетах при небольших скоростях удара зерен об ударные сепарирующие поверхности, которые возникают на гравитационных ударных сепараторах для таких тел, к которым относятся семена рапса, учет силы тяжести во время удара можно пренебречь.

Обоснованы рациональные параметры разработанного многоярусного ударного сепаратора для сепарации семян рапса. Разработана конструкция гравитационного многоярусного ударного сепаратора, в котором путем увеличения количества ударных испытаний частиц смеси с рабочими поверхностями сепаратора за счет более направленного изменения траектории движения частиц эффективность процесса сепарации значительно увеличивается.

Ключевые слова: сепарация, рапс, физико-механические свойства, ударный сепаратор, модуль упругости, коэффициент трения, коэффициент восстановления, перемещение, рациональные параметры.

ABSTRACT

Bogomolov O.O. Substantiation of parameters of multilevel impact separator for rapeseed separation. – Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.05.11 – machines and means of mechanization of agricultural production Luhansk National Agrarian University of the Ministry of Education and Science of Ukraine. Kharkiv, 2020.

Experimental research was conducted on mixtures of rape seeds with a contamination of 9.8...20.1% and waste of rape seeds after cleaning the mixture on pneumatic sieve separators in the Department of "Equipment and Engineering of

Processing and Food Production" Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture.

The dissertation solves the scientific task aimed at improving the quality of the technological process of separation of rapeseed from difficult-to-separate impurities and its use for animal and poultry feed and sowing.

The paper presents an analysis of the physical and mechanical properties of rapeseed and difficult-to-separate impurities. It is established that the greatest differences in the properties of the main culture and difficult-to-separate impurities are observed in their elasticity, as well as the relationship between the coefficient of recovery during impact and the main parameters of the working body separating.

An analytical-experimental method for determining the effective modulus of elasticity of spherical grains based on the solution of the contact problem of the theory of elasticity has been developed.

It is established that in theoretical calculations at low velocities of impact of grains on impact separating surfaces, which occur on gravitational impact separators for such bodies, which include rapeseed, taking into account the force of gravity during impact can be neglected.

The parameters of the developed multilevel impact separator for separation of rapeseed are substantiated.

The design of a gravitational multilevel impact separator has been developed, in which the quality of the separation process is significantly increased by increasing the number of impact tests of particles of the mixture with the working surfaces of the separator due to a more directed change of particle trajectories.

The design parameters of the gravity multi-level impact separator for cleaning rapeseed from difficult-to-separate weeds and sclerotia of white rot are substantiated and determined according to the differences in elastic properties: number of tiers – 4; the length of the inclined surfaces is 1.5 m. The rational parameters of the separation process were found: an elongated angle of inclination of 15° , transverse – 45° , distance between tiers – 0,3 m allowed to obtain the yield of purified rapeseed fraction up to 67...68 % with initial contamination 15,2 %.

Special high-performance devices have been developed and manufactured to determine the coefficients of friction, limiting angles of elevation, trajectories of movement on the vibrating surface and the elastic properties of seeds and weeds.

The use of research results is possible in the design of impact separators for cleaning rapeseed and other crops in research and development organizations.

Based on the materials of the dissertation, prototypes of a multi-level impact separator are used, which is used for purification of rapeseed fodder seed material from difficult-to-separate impurities in post-harvest processing lines and in preparation of fodder mixtures.

The results of scientific research have been introduced into production in SFG "Kalyna" of Vovchansky district of Kharkiv region, SFG "Oka" of Dvorichansky district of Kharkiv region, FG "Istok" of Vovchansky district of Kharkiv region, PTF "IVO" of Dvorichansky district of Kharkiv region, SFG "Victor" of Vovchansky district of Kharkiv region area, which is confirmed by the acts of implementation.

Keywords: separation, rapeseed, physical and mechanical properties, impact separator, modulus of elasticity, friction coefficient, recovery coefficient, displacement, rational parameters.

Підписано до друку 04.09.2020р. Формат 60×84 1/16.
Умов. друк. арк. 1,16. Папір офсетний. Наклад 100 прим.

КП «Міська друкарня»
м. Харків, 61002, вул. Алчевських, 44.
Свідоцтво про державну реєстрацію
серія ДК, № 5495, від 22.08.2017 р.