

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

Ірклієнко Віктор Іванович



УДК 631.362

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
ДИСКОВОГО ЗДРІБНЮВАЧА ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

Спеціальність 05.05.11 – машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків-2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
Богомолів Олексій Васильович,
Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка,
завідувач кафедри обладнання та інжинірингу
переробних і харчових виробництв

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент,
Цуркан Олег Васильович,
Вінницький національний аграрний університет,
директор Ладизинського коледжу

кандидат технічних наук, доцент,
Щур Тарас Григорович
Львівський національний аграрний університет,
доцент кафедри автомобілів і тракторів

Захист відбудеться «12» травня 2021 р. о 14⁰⁰ 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 «12» квітня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Калінін Є.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На теперішній час борошномельна галузь проходить активну стадію розвитку. Це пов'язано з приєднанням українського ринку до нових зарубіжних тенденцій. В таких умовах класичний асортимент борошна вже недостатній. Для того щоб вийти на міжнародний ринок з конкурентоспроможною продукцією необхідно розширювати асортиментний ряд, тобто виробляти борошно і крупи з заданими показниками якості.

Стан харчування населення, якість і безпека продовольчої сировини і харчових продуктів є факторами, що мають найважливіше – значення для збереження і зміцнення здоров'я населення.

В даний час розмелювання зерна пшениці в борошно в основному проводять за певною технологічною схемою. Спочатку зерно проходить суху або мокру очистку, гідротермічну підготовку і надходить на першу драну систему. На цьому шляху технологічної схеми до надходження зерна в вальцовий верстат зернівка пшениці залишається цілісною. Зерно формованих помольних партій надходить з високим ступенем зараженості. Загальне мікробне число становить $5 \cdot 10^6 \dots 8 \cdot 10^8$ КУО/г. Первинна суха очистка, яка включає аеродинамічне, вібраційно-пневматичне сепарування, сепарування за довжиною і шириною, дещо знижує зараженість. При цьому відбувається видалення пилу, хворих і травмованих зерен, що відрізняються від здорових за вагою і розмірами, а також поверхневої інфекції зі здорового насіння.

При вологому очищенні зерна, його промиванні частина поверхневих мікробів змивається водою. Але при взаємодії з водою відбувається вторинне зараження здорових зерен. Помітного зниження зараження не відбувається. На стадію гідротермічної обробки зернова маса надходить з зараженістю $8 \cdot 10^6 \dots 1 \cdot 10^7$ КУО/г.

Таким чином при переробці зерна бруд і контамінанти потрапляють в продукти. Сутність питання полягає в тому, що присутність в зерні борозенки збільшує зовнішню поверхню, а значить і вміст оболонки. Також в ній накопичується пил, бруд і контамінанти від яких ціле зерно важко очистити.

Якщо ж розколоти зерно по борозенці на дві частини можна отримати доступ робочих органів машин для більш ретельної обробки цієї частини зерна, в результаті якої можна отримати екологічно безпечну продукцію – крупу нового типу і борошно обойне з низьким показником зольності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно розділам комплексних тем ХНТУСГ ім. Петра Василенка: «Підвищення ефективності, продуктивності та надійності машин для розділення зернових матеріалів» 0118U003317 (2018-2022 рр.); «Продовольчо-зернова безпека зі створенням кологобезпечних, ресурсозберігаючих, енергоощадних механізованих технологій збереження і обробки врожаю і одержання високоякісних насінневих матеріалів» 0116U004624 (2018-2022 рр.); «Розробка технології та засобів сепарації важковідокремлюваних насінневих сумішей» 011811003323 (2018-2022 рр.)

Мета дослідження: підвищення ефективності технологічного процесу здрібнення зерна пшениці шляхом обґрунтування параметрів робочих органів та розробки конструкції здрібнювача сколювальної дії.

Задачі дослідження:

- Провести аналіз існуючих технологій здрібнення, конструкцій здрібнювачів і аналіз взаємодії робочих органів здрібнювачів з зерном пшениці;
- Провести аналіз теоретичних досліджень процесу руйнування зерна, енергетичних витрат на цей процес і обґрунтувати конструктивно-технологічну схему здрібнювача;
- Створити математичну модель процесу розколу зернівки уздовж борозенці на дві частини і отримати залежності продуктивності та енергоємності процесу від його конструктивно – кінематичних параметрів, а також фізико – механічних властивостей зерна пшениці;
- Виготовити дослідний зразок здрібнювача, провести експериментальні дослідження, визначити енерговитрати і оптимальні режими його роботи;
- На основі розробленого здрібнювача випробувати принципово нову технологію очищення поверхні зерна, виробництво обойного борошна і крупи з новими якісними показниками;
- Обґрунтувати конструктивні і технологічні параметри дискового здрібнювача зерна пшениці, впровадити результати дослідження у виробництво та визначити його техніко-економічний ефект.

Об'єкт дослідження: процес здрібнення зерна пшениці сколювальними рифлями дискового здрібнювача з урахуванням конструктивних і технологічних параметрів здрібнювача.

Предмет дослідження: встановлення закономірностей взаємодії зернівки з робочими органами здрібнювача та вплив конструктивних параметрів і режимів роботи дискового здрібнювача на ефективність процесу здрібнення зерна.

Методи дослідження: сучасні методи дослідження на основі аналізу вітчизняної та зарубіжної науково-технічної літератури. Теоретичні та експериментальні дослідження виконувалися з використанням законів математики, фізики і теоретичної механіки в лабораторних і виробничих умовах. Обробка результатів досліджень виконана з використанням положень теорії ймовірності та математичної статистики з використанням пакетів програм Microsoft Excel, Компас 3D, MathCad. Для визначення оптимальних конструктивно – кінематичних параметрів здрібнювача використовувалася методика планування повно – факторного експерименту.

Наукова новизна отриманих результатів:

Вперше:

- розроблена математична модель та встановлені закономірності руху зернового продукту по похилій поверхні рухомого диска що обертається;
- встановлені закономірності руху зернівки в сколювальному каналі дискового здрібнювача утвореному рифлями, виготовленими на робочій поверхні дисків, на основі чого встановлені закономірності розколу зерна пшениці на дві частини по борозенці;

- на основі теоретичних і експериментальних досліджень запропоновано нову технологічну схему очищення поверхні зерна при виробництві крупи нового виду та обойного борошна з низьким показником зольності;

- розроблено аналітично – експериментальний метод визначення впливу конструктивно – технологічних параметрів здрібнювача на отримання повноцінного продукту з мінімальними енерговитратами;

Отримав подальший розвиток:

- напрямок моделювання процесу розколу зерна пшениці в сколювальному каналі дискового здрібнювача.

Удосконалено:

- спосіб розколювання зерна по борозенці на дві частини.

Практичне значення одержаних результатів:

На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень виготовлений і розроблений дисковий здрібнювач, конструкція якого дозволяє розколоти зернівку пшениці по борозенці на дві частини.

Обґрунтовано раціональні параметри енергозберігаючого здрібнювача сколювальної дії, який пройшов виробничі випробування і впроваджений в господарствах Богодухівського та Вовчанського районів Харківської області. Розроблене обладнання впроваджено в навчальний процес на кафедрі «Обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв» Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка.

В ХНТУСГ ім. П. Василенка на базі розробленого обладнання відкрита науково – практична навчальна лабораторія кафедри "Обладнання та інжиніринг переробних и харчових виробництв". Розроблено методичні вказівки до лабораторно-практичних занять з дисципліни "Інженерія переробних і харчових виробництв".

Використання результатів дослідження можливо при проектуванні здрібнювачів сколювального типу і розробці, на його основі, нових технологій переробки зерна в борошномельній, круп'яній, комбікормовій і фармацевтичній промисловості.

На основі матеріалів дисертаційної роботи розроблені і виготовлені дослідні зразки технологічного обладнання, що використовуються в дослідженнях: дисковий здрібнювач сколювального типу; шелушильно-шліфувальні машини; повітряний сепаратор; молотковий вертикальний млин; просіювач циліндричний.

Нові технічні рішення дозволили в 1,5 рази знизити питомі енерговитрати при виробництві крупи і підвищити якісні показники борошна обойного.

Особистий внесок здобувача. Теоретичні та експериментальні результати досліджень, що виносяться на захист, отримані автором самостійно та викладені у роботах [1-18]. У наукових роботах, які опубліковано у співавторстві, здобувачу належать: результати огляду і аналіз досліджень та визначення напряму підвищення ефективності процесу подрібнення зерна здрібнювачем сколювальної дії [1-4, 10-15, 17]; результати математичного моделювання визначення руху зернівки по поверхні рухомого диску

здрібнювача та процесу її подрібнення сколювальними рифлями [7, 9, 14]; методика і результати проведених експериментів, та результати щодо подальшого застосування розробки [5, 6, 8, 16, 18].

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень були представлені на: XVII – XX Міжнародних науково-практичних конференціях в Харківському національному технічному університеті сільського господарств імені Петра Василенка «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв» відповідно 25.03.2016р., 7.04.2017р., 19.10.2018р. та 8.11.2019р.; Міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність», Харків, 19.11.2018 р. Третій міжнародний 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 18 наукових працях, у тому числі: 9 статей у спеціалізованих наукових виданнях України, 1 стаття у міжнародному виданні (включено до міжнародної наукометричної бази Scopus – [6]), 2 статті в інших виданнях, 5 тез у збірниках доповідей наукових конференцій та 1 патент України на корисну модель.

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків 19 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації становить 127 сторінок друкованого тексту, містить 67 рисунків та 18 таблиць. Список використаних джерел нараховує 151 найменувань на 17 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Дисертація присвячена розробці концепції, що полягає в можливості розколу зерна пшениці по борозенці на дві частини, та створенні в результаті цього умов для доступу робочих органів машин до знов утворених поверхонь, що дозволило отримати принципово нову технологію очищення поверхні зерна і нові види продукції – крупу нового типу і борошно обойне з низьким показником зольності.

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** «Основи процесу здрібнення зерна пшениці та завдання дослідження» розглянуті питання використання зерна пшениці для виробництва продуктів харчування. Проаналізовано існуючі способи здрібнення зерна при виробництві борошна і крупи.

Ґрунтуючись на морфологічній будові зерна пшениці показана можливість розколу зернівки на дві частини уздовж борозенці з метою доступу робочих органів машини для додаткового очищення поверхні зерна.

Показані способи здрібнення зерна пшениці під дією навантаження. При стисненні зерно під дією навантаження деформується по всьому об'єму і, коли в ньому виникає внутрішня напруга, що перевищує межу міцності стиску, воно руйнується. Визначено основні способи здрібнення: стиснення, стирання, удар і зрушення.

Питаннями руйнування зерна стисненням займалися: Гіршсон В.Я., Хусід С.Д., Рой А.А., Солнцев Р.В., Соломка О.В., Нанка О.В.

Гіпотеза розколювання зерна на частини по борозенці в даній роботі, заснована на тому, що шляхом оптимізації конструкції сколювального каналу здрібнювача з урахуванням коефіцієнта тертя зернівки по робочій поверхні і кутової швидкості нижнього диска можна знизити енергоємність процесу і підвищити вихід готового продукту заданого виду.

Дослідженнями присвяченими моделюванню та підвищенню ефективності процесу здрібнення зерна займалися: Злочевський В.Л., Абрамов А.А., Искендеров Р.Р., Щумській Ф.С., Пушкарьов О.С., Шкондін В.Н.

Питома енергоємність процесів подрібнення зернових відповідно становить: плющення – 182,2 Вт·год/кг, стирання – 23,2 Вт·год/кг, удар – 18,3 Вт·год/кг, сколювання і різання – 2,2 Вт·год/кг. Тобто менш енергоємним є спосіб подрібнення, який використовується в дискових робочих органах.

У **другому розділі** «Теоретичні передумови зниження енергоємності процесу подрібнення зерна і розробка здрібнювача» проведено аналіз морфолого-анатомічних властивостей зерна. Особливу увагу приділено будові борозенки. Для скловидної пшениці характерна більш дрібна борозенка і вузька петля, а для м'якої – більш глибока, її петля значно заходить в ендосперм зерна, внаслідок чого в ендоспермі з'являється частки верхніх оболонок зерна.

Встановлено, що після розколу зернівки на дві частини по борозенці створюються умови для доступу робочих органів машин до новостворених поверхонь. Це дозволило створити нові технології очищення зерна і отримати нові типи продукції з зерна пшениці.

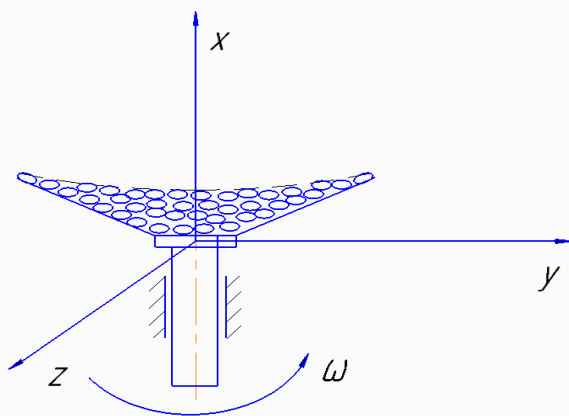


Рисунок 1 – Розташування зернівок на поверхні диска здрібнювача

В розробленому здрібнювачі сколювального типу сипуча суміш, що складається з зернівок пшениці, обертається разом з рухомою камерою і при відповідній подачі поводить як рідке середовище. Рух цього середовища з точки зору гідродинаміки показано на рис. 1.

Зобразимо частку в проміжному положенні $M(x, y)$ в припущенні, що вона рухається по поверхні вгору як показано на рис. 2. Вага частинки $P = mg$.

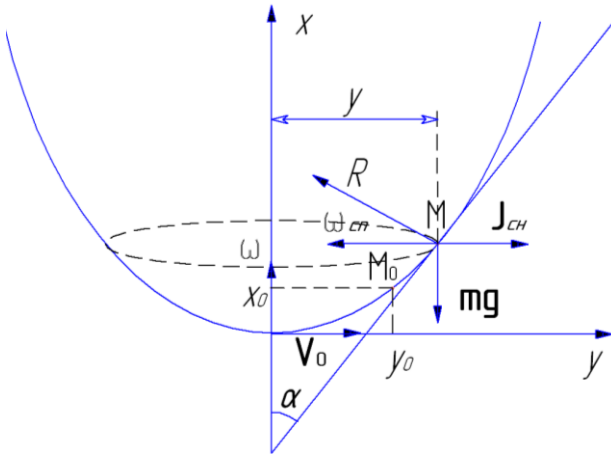


Рисунок 2 – Сили прикладені до зернівки

Диференціальне рівняння відносного руху матеріальної точки в проекції на дотичну τ до частинки в даній точці M , має вигляд

$$\frac{P}{g} W_{r\tau} = J_{CH} \sin \alpha - P \cos \alpha,$$

де P – вага частинки; R – нормальна сила реакції поверхні; \vec{J}_c – кориолісова сила інерції.

Сили \vec{R} і \vec{J}_c проєктуються на вісь τ в точку. Враховуючи, що $J_{CH} = \frac{p}{g} y \omega^2$, а $W_{r\tau} = \frac{dV_r}{dt}$, находим:

$$\frac{dV_r}{dt} = y \omega^2 \sin \alpha - g \cos \alpha. \quad (1)$$

Але тоді як $\frac{dy}{dx} = tg \alpha$, то $\sin \alpha = \frac{dy}{d\sigma}$, $\cos \alpha = \frac{dx}{d\sigma}$, де σ – дугова координата, в місті з тим,

$$\frac{dV_r}{dt} = \frac{dV_r}{d\sigma} \cdot \frac{d\sigma}{dt} = V_r \frac{dV_r}{d\sigma}.$$

Тоді рівняння (1) набуває вигляду

$$V_r dV_r = \omega^2 y dy - g dx.$$

Інтегруючи це рівняння, знаходимо:

$$V_r^2 = \omega^2 y^2 - 2gx + C.$$

Але при $z=0$

$$y^2 = \frac{2g}{\omega^2} x = 2px.$$

Тоді

$$V_r^2 = 2(p\omega^2 - g)x + C. \quad (2)$$

Визначимо швидкість частинки V_r у відносному русі, знаючи, що в початковий момент частка перебувала в положенні M_0 с абсцисою x_0 . Підставивши в рівняння (2) $x=x_0$, $V_r = 0$, отримуємо $C = -2(p\omega^2 - g)(x-x_0)$, отже, рівняння (2) набуває вигляду $V_r^2 = 2(p\omega^2 - g)(x - x_0)$, звідки:

$$V_r = \sqrt{2(p\omega^2 - g)(x - x_0)}. \quad (3)$$

Це відносна швидкість уздовж дотичній до поверхні суміші. Тепер поставимо в (2) значення $x=0$, $V_r = V_0$. Отримаємо, що $C = V_0^2$.

Отже, рівняння (2) набуває вигляду $V_r^2 = V_0^2 + 2(p\omega^2 - g)x$, звідки:

$$V_r = \sqrt{V_0^2 + 2(p\omega^2 - g)x}. \quad (4)$$

У нашому випадку $\omega^2 = \frac{g}{p}$, то з формули (4) випливає, що $V_r = V_0$, тобто частка буде рухатися по поверхні параболоїда з постійною за модулем швидкістю V_0 . Тобто бажано виконання нижнього диска здрібнювача у вигляді параболоїда. Це забезпечує безперебійну подачу частинок до сколювальних каналів, і сприяє зменшенню скупчення частинок перед сколювальними каналами.

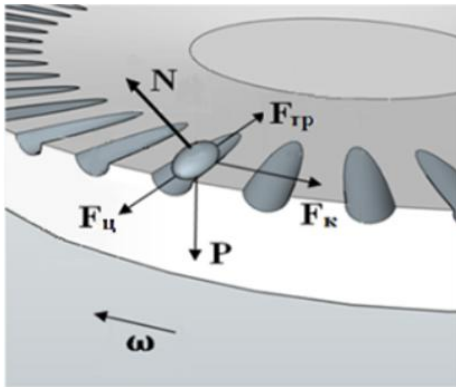


Рисунок 3 – Схема розміщення сил, які діють на зернівку

Основним етапом технологічного процесу обробки зерна є його подрібнення рифлями. Тому досить важливим постає вивчення руху зернівок в каналі рифлю, де і відбувається подрібнення. На рис. 3 показано напрямки сил, що діють на зернівку під час її руху в каналі.

Оскільки сили ваги і Кориоліса, а також нормальна реакція перпендикулярні до напрямку переміщення, то диференціальне рівняння руху зернівки

вздовж каналу рифлю матиме вигляд:

$$m\ddot{x} = F_b - F_{тр}, \quad (5)$$

або

$$m\ddot{x} = mx\omega^2 - fN. \quad (6)$$

Сила Кориоліса і сила ваги врівноважуються нормальною реакцією, тому має місце рівняння:

$$N = \vec{F}_k + \vec{P}. \quad (7)$$

Останні дві сили в цьому рівнянні взаємно перпендикулярні (рис. 2) тому нормальну реакцію можна знайти за теоремою Піфагора:

$$N = \sqrt{F_k^2 + P^2} = \sqrt{(2m\omega\dot{x})^2 + (mg)^2} = m\sqrt{4\omega^2\dot{x}^2 + g^2}. \quad (8)$$

Тепер диференціальне рівняння (6) можна записати у такому вигляді:

$$\ddot{x} = x\omega^2 - f\sqrt{4\omega^2\dot{x}^2 + g^2}. \quad (9)$$

Як бачимо, одержане рівняння є суттєво нелінійним і його розв'язання виконано числовими методами. Система «MathCad», наприклад, пропонує для цього блок: Given – Odesolve. Тіло блоку повинне включати диференціальне рівняння та відповідні початкові умови. Числові значення параметрів записують перед блоком.

При відомій функції $x = x(t)$, яка знаходиться при розв'язку диференціального рівняння (9), час подолання зернівкою відстані h (h – довжина рифлю) можна визначити як корінь рівняння $x(t) = R + h$.

Отже, досягнути збільшення часу перебування зернівки в каналі рифлю можна за рахунок зменшення радіуса R напрямного поясу і частоти ω обертання диску та за рахунок збільшення довжини h каналу рифлю і шорсткості (коефіцієнта тертя f) його поверхні.

Зі збільшенням радіуса R зростає і координата x , яка визначає положення зернівки в каналі рифлю. Це пропорційно збільшує відцентрову силу $P_b = mx\omega^2$. Збільшення частоти ω збільшує вказану силу в параболічній залежності. Зростання відцентрової сили веде до збільшення швидкості руху зернівки, що і приводить до зменшення часу її перебування в каналі рифлю.

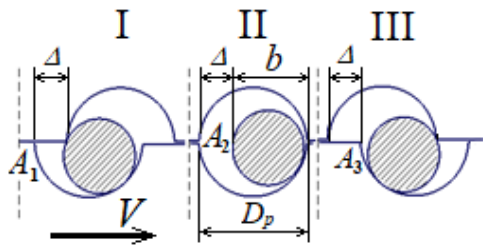


Рисунок 4 – Схема розміщення зернини в каналі рифлю від моменту входження в канал до моменту її затиснення в кінці каналу

диску складає 2Δ або $(D_p - b)$ (рис. 4). Отже, можемо записати:

$$\omega(R + h)t_h = 2\Delta = 2(D_p - b). \quad (10)$$

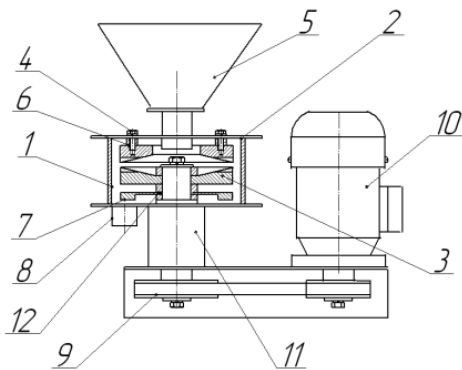
Звідси:

$$D_p = 10^3 [b + 0,5\omega(R + h)t_h]. \quad (11)$$

За цією формулою, для зручності її використання, діаметр рифлю дається в міліметрах. Для обчислень в «MathCad» ця формула трансформується до виду:

$$D_p := 10^3 \cdot [b + 0,5 \cdot \omega \cdot (R + h) \cdot \text{root}[x(t) - (R + h), t, t_0, t_k]]. \quad (12)$$

Рисунок відображає такий випадок поєднання параметрів пристрою, при якому будь-яка зернівка, яка пройде максимально можливий шлях вздовж каналу, буде затиснута рифлями перед моментом її виходу назовні. Це виключає вихід необробленого зерна з-за проходження зернівок крізь канали рифлів без подрібнення.



1 – робоча камера; 2 – верхня кришка;
3 – нижній диск; 4 – болти регулювальні;
5 – завантажувальний бункер; 6 – верхній диск; 7 – активатор; 8 – патрубок;
9 – ремінна передача; 10 – двигун;
11 – корпус підшипників; 12 – втулка

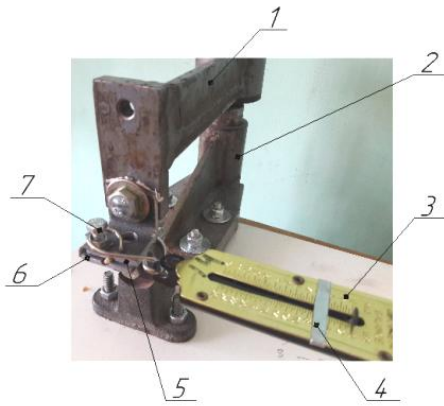
Рисунок 5 – Схема дискового здрібнювача

потрапляє в робочий простір між дисками 6 і 3. Зернівка під дією відцентрової сили надходить в канавку між дисками і в результаті взаємодії розколюється уздовж борозенки на дві або більше частин.

На рис. 4 стрілкою показано напрям руху рифлів нижнього диску при його обертанні. Верхній диск є нерухомим. Впродовж переходу від другого до третього етапу ліва кромка рифлю переміщується з положення A_2 в положення A_3 на ту ж величину Δ . Тобто, за час повного циклу проходження зерниною каналу – зміщення рифлю за рахунок обертання

У третьому розділі
«Програма та методика експериментальних досліджень процесу здрібнення зерна пшениці» визначено методику вивчення основних показників робочого процесу дискового здрібнювача, методика визначення сили що руйнує при сколі зерна і площі сколу. Експериментальна установка дискового здрібнювача для сколювання зерна пшениці показана на рис. 5.

Зерно крізь живильний патрубок 5 рівномірно подається в центральну частину здрібнювача і



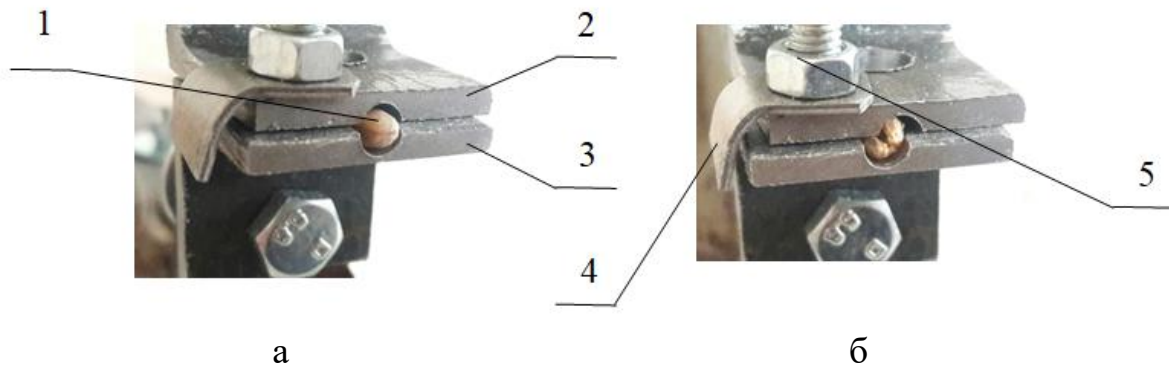
1 – кронштейн; 2 – підстава;
3 – пружинний динамометр;
4 – фіксатор; 5 – верхня планка;
6 – нижня планка; 7 – болт
Рисунок 6 – Пристрій для розколу
зерна пшениці

Продукти дроблення підхоплюються лопатевим активатором 7 і виводяться крізь розвантажувальний патрубков 8.

Для визначення значення сили F_3 що руйнує уздовж зерна по борозенці була розроблена окрема методика і пристрій для розколювання зернівки по борозенці (рис. 6).

Пристрій складається з підстави 2, кронштейна 1, верхньої 6 і нижньої 5 планок, пружинного динамометра 3 з фіксатором 4 та болта 7.

На рис. 7 представлена схема розташування зерна в робочій комірці пристрою для розколу зерна.



а – до відколу; б – після відколу;
1 – зерно; 2 – верхня планка; 3 – нижня планка; 4 – планка обмежувача;
5 – кріплення планки обмежувача і динамометра
Рисунок 7 – Зерно в робочій комірці

Для визначенню сили F_3 що руйнує уздовж зерна по борозенці, зерно 1 укладається в робочий канал між верхньою 2 і нижньою 3 пластинами (рис. 7).

Зерно укладається таким чином, щоб площина борозенки була паралельна площині пластин. Як видно з рис. 6,б при зміщенні нижньої планки здійснюється скол зерна. До болта 5 кріпиться динамометр з фіксатором максимального навантаження. Після цього проводиться навантаження зерна до повного його руйнування. Після зняття навантаження показання динамометра фіксуються планкою 4 (рис. 6).

Аналогічно проводили зріз зернівки для визначення сили F_3 що руйнує поперек зерна. Площу відколу визначали в програмі "Компас", де проводили масштабування за фактичними розмірами зерна і за допомогою інструментів "Компас" рис. 8.

Для проведення експериментів був обраний трирівневий

некомпозиційний план Боксу-Бенкіна. Для реалізації плану була розроблена програма в Microsoft Excel, алгоритм якої відповідав методиці обробки експериментальних даних.

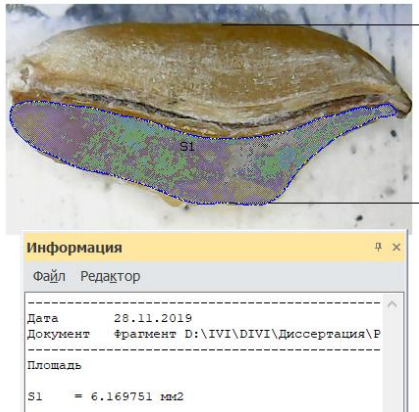


Рисунок 8 – Зображення розколотої зернівки по борозенці в програмі Компас 3D

В четвертому розділі «Результати експериментальних досліджень» виконані дослідження по визначенню значень руйнуючих навантажень уздовж і поперек зерна. Аналіз цих значень показує, що їх діапазони відрізняються (мінімум 22,54 Н і 50,97 Н, максимум 37,24 Н і 109,76 Н відповідно), а середнє значення навантаження уздовж становить 46,4 % від середнього навантаження поперек.

Рівняння регресії залежності навантаження від площі зрізу (рис. 9) при

руйнуванні зернівки уздовж борозенки має такий вигляд

$$y=2,6726 \cdot S+18,862 \cdot R^2=0,155. \quad (13)$$

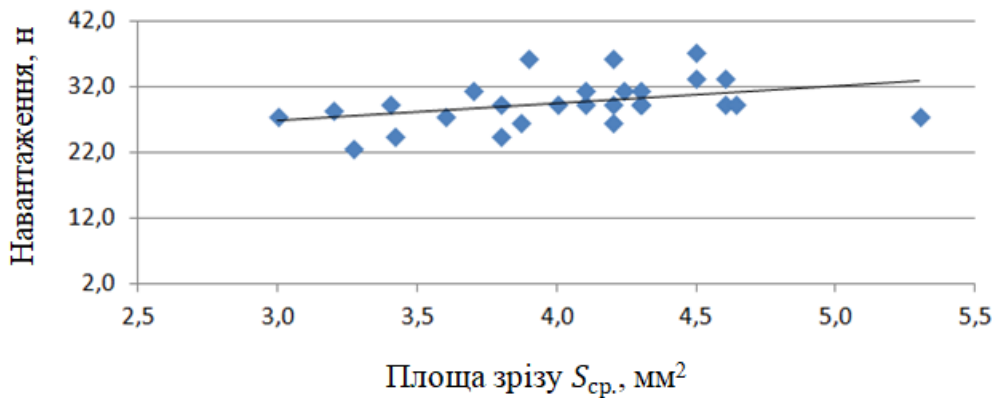


Рисунок 9 – Залежність навантаження від площі зрізу при руйнування зернівки уздовж борозенки

Рівняння регресії залежності навантаження від площі зрізу (рис. 10) при руйнуванні зернівки поперек борозенки має наступний вигляд:

$$y=12,887 \cdot S-20,648 \cdot R^2=0,4809. \quad (14)$$

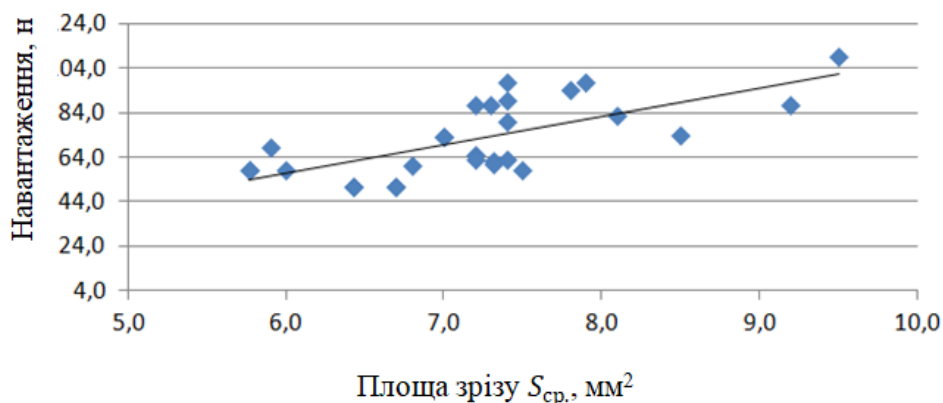


Рисунок 10 – Залежність навантаження від площі зрізу при руйнуванні зернівки поперек борозенки

Встановлена слабка залежність руйнівного зусилля від площі сколу. Визначено, що навантаження зростає з ростом площі відколу. Середні значення напружені для зерна пшениці розколотої уздовж зернівки по борозенці складають $7,4 \text{ Н/мм}^2$, середнє значення напружень для зерна пшениці розколотої поперек осі зернівки склало $10,0 \text{ Н/мм}^2$. Отже скол зерна уздовж по борозенці є менш енергоємним.

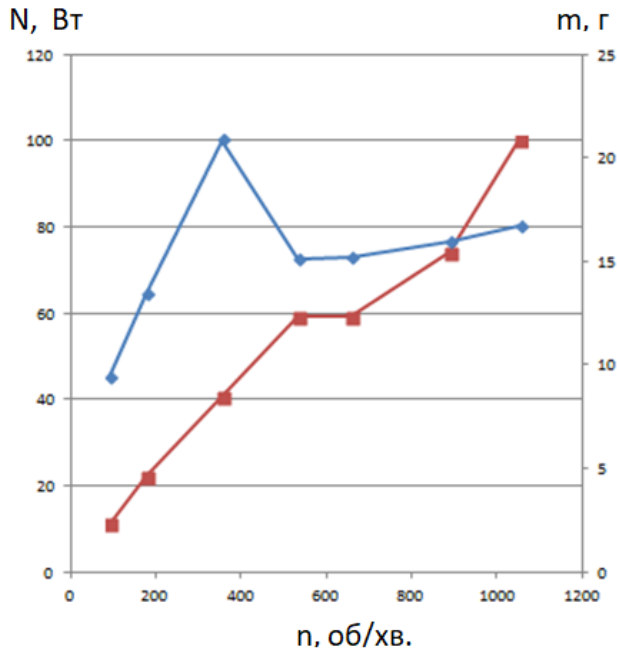


Рисунок 11 – Залежність потужності N і маси m (сход продукту з сита $\Phi 2,5$) від частоти обертання диска n

енерговитрати, E , кВт·год./кг; 2 – пропускна здатність, P , кг/год.; 3 – процентний вихід продукту, на ситі $\Phi 2,5$, M , %.

Для проведення повного факторного експерименту на дисковому здрібнювачі був обраний трирівневий некомпозиційний план Боксу-Бенкіна 2-го порядку. Для реалізації плану була розроблена програма в Microsoft Excel, алгоритм якої відповідає методиці обробки експериментальних даних. Визначено три основних фактора, що варіюють: x_1 – частота обертання диска, n , хв^{-1} ; x_2 – подача зерна Q , кг/год ; x_3 – зазор між дисками, h , мм .

В результаті експерименту отримані наступні рівняння регресії:

$$y_E = 0,92 + 0,08x_1 - 0,08x_2 + 0,04x_3 + 0,6x_1x_2 + 0,4x_1x_3 - 0,08x_2x_3 + 0,8x_1^2 + 0,7x_2^2 + 0,4x_3^2; \quad (15)$$

$$y_P = 27,8 + 0,69x_2 + 1,49x_1x_2 + 2,52x_1x_3 + 5,3x_2x_3 - 5,3x_1^2 - 3,4x_2^2 - 1,4x_3^2; \quad (16)$$

$$y_M = 67,8 + 1,26x_1x_2 - 2,2x_1x_3 + 0,7x_2x_3 - 2,6x_1^2 - 1,6x_2^2 - 2x_3^2 \quad (17)$$

В результаті розрахунку побудували двовимірні перерізи поверхонь відгуку: E – енергоємності; P – пропускної здатності; M – процентного виходу продукту залишком на ситі $\Phi 2,5$ мм . Для побудови графіків використовували програми MathCAD v14 і Компас 3D V15.

Проведено дослідження по обґрунтуванню і визначенню частоти обертання ротора. Виявлено, що вихід продукту відповідає $n=355,3$ об/хв. на валу двигуна, при подальшому зростанні числа обертів йде падіння виходу продукту з одночасним зростанням потужності (рис. 11). Прийняли це значення рівним 350 об/хв., а інтервал фактора в діапазоні від 200 до 500 об/хв.

Верхній і нижній рівні факторів були призначені з конструктивних міркувань і за результатами теоритических досліджень.

Параметрами оптимізації обрані такі: 1 – питомі

На рис. 12 при $x_1=0$ показано максимальні значення пропускної здатності $P=27,75$ кг/год. ($Q=45,62$ г/год., $h=0,27$ мм) і максимальний процентний вихід повноцінного продукту $M=68,1$ % ($Q=45,0$ кг/год., $h=0,2$ мм) відповідають значенням питомої енергоємності $E=0,94$ кВт·год./кг ($Q=43,4$ кг/год., $h=0,19$ мм).

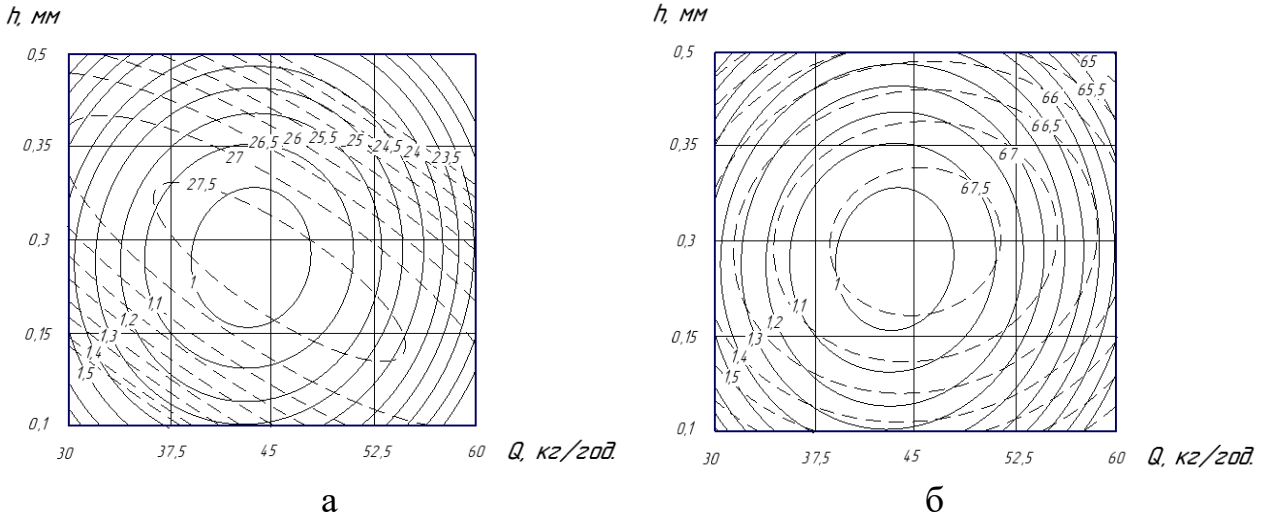


Рисунок 12 – Двовимірні перерізи поверхонь відгуку, що характеризують вплив подачі зерна Q (фактор x_2) і зазору між дисками h (фактор x_3) на:
а – питому енергоємність E і пропускну здатність P ; б – питому енергоємність E і відсоток маси залишку на ситі $\Phi 2,5 M$

На рис. 13 при $x_2=0$ показано максимальні значення пропускної здатності $P=27,75$ кг/год. ($n=350$ об/хв., $H=0,3$ мм) і максимальний відсоток виходу повноцінного продукту $M=68,1$ ($n=350$ об/хв., $H=0,3$ мм) відповідають значенням питомої енергоємності $E=0,93$ кВт·год./кг ($n=363$ об/хв., $h=0,2$ мм).

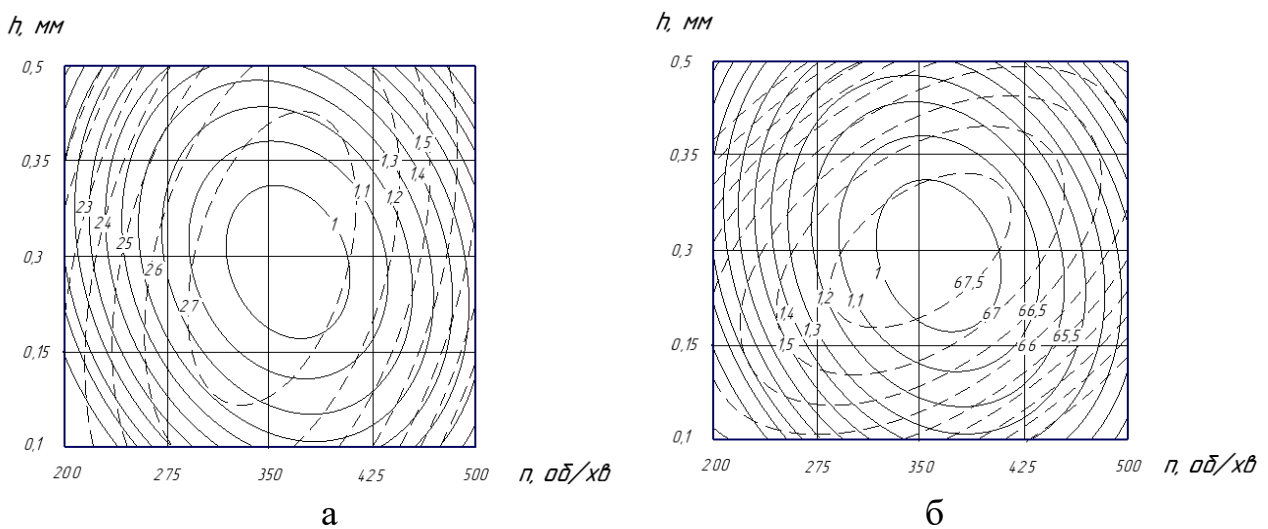


Рисунок 13 – Двовимірні перерізи поверхонь відгуку, що характеризують вплив частоти обертання ротора n (фактор x_1) і зазору між дисками h (фактор x_3) на:
а – питому енергоємність E і пропускну здатність P ; б – питому енергоємність E і відсоток маси залишку на ситі $\Phi 2,5 M$

На рис. 14 при $x_3=0$ показано максимальні значення пропускної здатності $P=27,75$ кг/год. ($n=317,63$ об/хв., $Q=58,75$ кг/год.) і максимальний відсоток виходу повноцінного продукту $M=68,1$ % ($n=317$ об/хв., $Q=58,75$ кг/год.) відповідають значенням питомої енергоємності $E=1,57$ кВт·год./кг ($n=430,48$ об/хв., $Q=53,82$ кг/год.

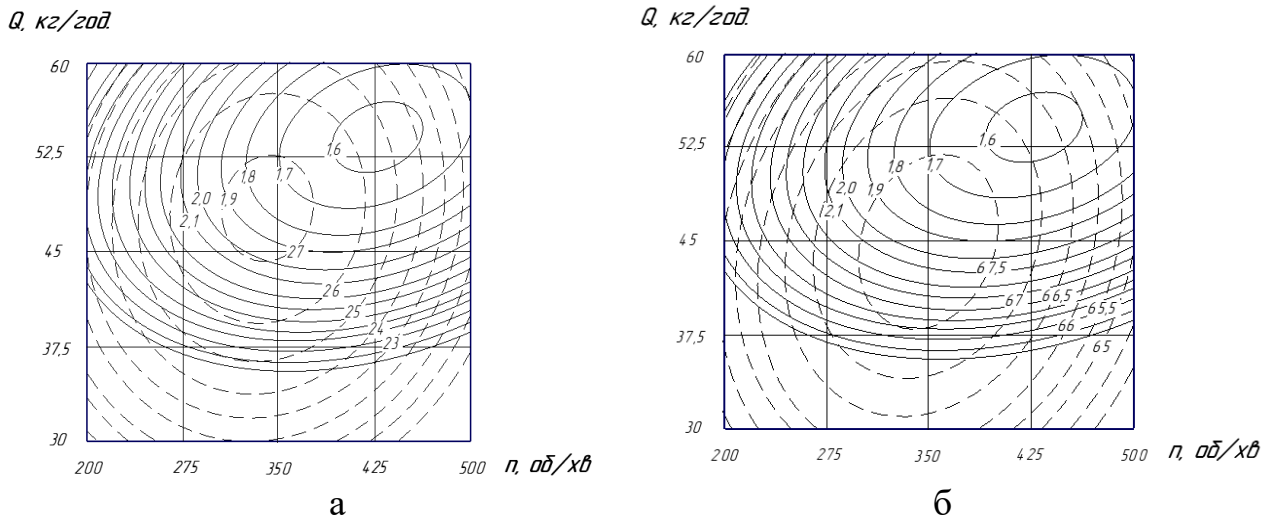


Рисунок 14 – Двовимірні перерізи поверхонь відгуку, що характеризують вплив частоти обертання ротора n (фактор x_1) і подачі зерна Q (фактор x_2) на:
 а – питому енергоємність E і пропускну здатність P ; б – питому енергоємність E і відсоток маси залишку на ситі $\Phi 2,5$ М

При збільшенні зазору між дисками питома енергоємність зростає. Це пов'язано з тим що частинки подрібненого зерна потрапляють на плоскі поверхні дисків (поверхню між сусідніми рифлями) тим самим викликаючи додаткове збільшення енергії на їх подрібнення (до процесу сколювання додається процес стирання).

За результатами аналізу рівнянь (15), (16) і (17) методом накладення двовимірних перерізів поверхонь відгуку (рис. 12-14) прийнято компромісне рішення і визначені раціональні значення досліджуваних факторів з умови досягнення максимального відсотка виходу повноцінного продукту і мінімальної питомої енергоємності. Частота обертання ротора $n=336,5$ об/хв.; подача зерна $Q=46,5$ кг/год; зазор між дисками $h=0,3$ мм.

В п'ятому розділі «Випробування нових технологій і техніко-економічна ефективність впровадження дискового здрібнювача зерна пшениці» була випробувана нова технологія і отримані нові продукти з зерна пшениці: крупа нового виду подовженої форми і борошно обойне з низьким показником зольності 0,72. Порівняльні результати асортименту продукції за традиційною технологією (верхній рядок) та запропонованою (нижні рядки) представлені в

таблиці 1.

Таблиця 1 – Асортимент продукції

	№1 сх. ø3,0	№2 сх. ø2,5	№3 сх. ø2,0	№4 сх. ø1,5	Артек сх. ø0,63	Мучка	Кормові відходи	Не кормові відходи
Крупа Полтавська	8%		43%		12%	30%	5,3%	1,7%
Крупа нова	-	53%	-	28%	3,2%	9%	5%	1,8%
Борошно	-	48%	-	28%	3,2%	14%	5%	1,8%

Як видно з табл. 1 запропонована технологія та розроблене обладнання дозволяє отримати за один прохід до 53 % екологічно чистої крупи нового виду, до 28 % традиційної крупи Полтавська №4, 3,2 % крупи Артек або у разі виробництва борошна до 79,2 % борошна обойного з показником зольності відповідним борошну 1-го сорту.

Результати досліджень впроваджені у виробництво в СФГ "Калина" Вовчанського району, ПП "Агротехремонт" Богодухівського району.

Розрахунковий річний економічний ефект від впровадження дискового здрібнювача становить 109,18 тис. грн. Фактичний економічний ефект від впровадження склав 217 тис. грн.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота спрямована на вирішення науково-технічної задачі, яка полягає у підвищенні ефективності процесу здрібнення зерна пшениці методом розколу по борозенці на дві частини за допомогою розробленого для цієї мети дискового здрібнювача сколювальної дії.

За результатами виконання дисертації були зроблені наступні висновки:

1. Аналіз морфологічної будови зерна дозволив визначити скол зерна уздовж борозенки найменш енергоємним. Зусилля необхідне для руйнування склоподібного зерна стисненням більше у 3,5 рази, ніж при руйнуванні зерна сколюванням. Зі збільшенням розміру зерна зростає величина руйнівного зусилля.

2. Запропонована інноваційна технологія переробки зерна пшениці, яка за рахунок формування нового зернового продукту дозволяє отримати новий вид крупи подовженої форми, з поверхні якої вилучені контамінанти, а також борошно обойне з низьким показником зольності.

Запропонована конструктивно-технологічна схема розколу зернівок уздовж борозенки на дві частини та конструктивна схема здрібнювача

сколювальної дії. Обґрунтовано геометричні параметри дискової пари здрібнювача, наведені умови взаємодії зернівки з робочими органами дискового здрібнювача. Обґрунтована форма сколювального каналу здрібнювача.

3. Отримано регресійні залежності між площею перетину зернівки і зрізуючими напруженнями. Встановлена слабка залежність руйнівного зусилля від площі сколу. Визначено, що навантаження зростає з ростом площі сколу. Середні значення напруг для зерна пшениці розколотої уздовж зернівки по борозенці складають $7,4 \text{ Н/мм}^2$, середні значення напруг для зерна пшениці розколотої поперек осі зернівки складає $10,0 \text{ Н/мм}^2$. Отже скол зерна уздовж по борозенці є менш енергоємним.

4. Запропонована математична модель виборчого здрібнення зерна в сколювальному каналі дискового здрібнювача, яка дає можливість оптимізувати параметри і режими роботи здрібнювача.

В програми «Mathcad» отримано рішення диференціального рівняння у вигляді функції $x = x(t)$. Знайдені, за допомогою цієї функції, кінематичні характеристики показали, що після захвату зернівок рифлями швидкість зернівок стрімко зростає в результаті чого подрібнення відбувається протягом короткого відрізка часу порядку сотих часток секунди. Встановлено залежності часу t_h перебування зернівок в каналі рифлю від радіуса R напрямного поясу, довжини h каналу рифлів, частоти ω обертання диску та коефіцієнта тертя f .

5. Знайдено залежність оптимального розміру діаметра D_p рифлів від величин R, h, ω, f і розміру зернівок. Встановлено, що зростання величин R, h, ω, f приводить до збільшення діаметра D_p . Для мілкої і крупної фракцій зерна пшениці визначені оптимальні значення діаметра D_p , які відповідно складають: $D_{\min} = 3,8 \text{ мм}$, $D_{\max} = 4,4 \text{ мм}$.

6. Встановлені закономірності руйнування зернівки під дією сили та силу зрізу, яка становить $3,46 \text{ Н}$, що розбігається з експериментальними дослідженнями в межах 15% , обчислено розмір випереджаючої тріщини крізь яку сколюється зернівка та споживану потужність здрібнювача, яка знаходиться в межах $43,2 \dots 86,4 \text{ Вт}$ і цей діапазон в більшості збігається з результатами експериментальних досліджень.

7. Визначено функції оптимізації і фактори, які впливають на роботу здрібнювача – енергоємність процесу; пропускна здатність здрібнювача; маса виходу готового продукту; подача матеріалу; частота обертання ротора та зазор між дисками. За результатами аналізу графіків накладення двовимірних перерізів поверхонь відгуку прийнято компромісне рішення і визначені раціональні значення досліджуваних факторів з умови досягнення максимального відсотка виходу повноцінного продукту і мінімальної питомої енергоємності. Частота обертання ротора $n=336,5 \text{ 1/хв.}$; подача зерна

$Q=46,5$ кг/год.; зазор між дисками $h=0,3$ мм.

8. Розроблене обладнання дозволяє отримати за один прохід до 53 % екологічно чистої крупи нового виду, до 28 % традиційної крупи Полтавська №4, 3,2 % крупи Артек або у разі виробництва борошна до 79,2 % борошна обойного з показником зольності відповідним борошну 1-го сорту.

Розрахунковий річний економічний ефект від впровадження дискового здрібнювача становить 109,18 тис. грн. Фактичний економічний ефект від впровадження склав 217 тис. грн.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Список публікацій, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Богомолів А. В., Ірклиєнко В. І. Інноваційна технологія виробництва крупи нового виду. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2016. Вип. 179.: Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. С. 54-58.

2. Богомолів А. В., Ірклиєнко В. І. Нове направление в технологии переработки зерна пшеницы. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства*. 2018. Вип. 194 «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв». С. 5-12.

3. Богомолів А.В., Ірклиєнко В.І. К вопросу энергоёмкости измельчения зерна пшеницы. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2019. Випуск 207. С. 68-75.

4. Богомолів А.В., Слоновский Н.В., Ірклиєнко В.І. О фрактально-кластерной структуре частиц, полученных дроблением. *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2002. Випуск 9. С. 14-19.

5. Богомолів О.В., Ірклиєнко В.І., Богомоліва В.П., Універсальний малогабаритний комплекс для виробництва борошна та крупи. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2004. Випуск 28. С. 5-14.

6. V.I. Irklienko, O.V. Bogomolov, I.M.Lukivanov, L.V. Kis-KorkishchenkoQ, P.S. Syromiatnikov. Developing environmentally friendly technology for wheat grain processing. Petro Vasylenko Notional Technical University of Agriculture, 44 Alchevskih St., Kharkiv, 61002, Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2021, 11(2), x-xx, doi: 1 0.1 5421/2021 Kharkiv.

7. A QUARTERLY JOURNAL OF AGRI-FOOD INDUSTRY— 2019, Vol. I 9, No. I, 49-Oscillations with positional friction under mechanical shock. V.

Olshansky, O. Bogomolov, O. Bogomoiov, V. Irklienko, L. Kys-Korkyshchenko Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture 44 Alchevskih St, Kharkiv, Ukraine. net 44 Alchevskih St, Kharkiv, Ukraine Abstract.

8. Ірклієнко В.І. Оптимізація параметрів процесу сколювання зерна пшениці в дисковому здрібнювачі. *Журнал "Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів"*, № 21, 2020 р. с. 235-242

9. Богомолів О.В., Ірклієнко В.І., Завгородній О.І., Нетецький Л.Г., Кісь-Коркіщенко Л.В. Моделювання процесу здрібнення зернівки у робочій камері здрібнювача сколювальної дії. *Журнал "Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів"* № 23, 2021 р. с. 194-199

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

10. Ірклієнко В.І., Лазуренко М.Є., Наступень Т.В. Виробництво крупи нового виду. *Матеріали XV-го міжнародного форуму молоді "Молодь і сільськогосподарська техніка у 21 сторіччі"*. Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. 4-5 квітня 2019р. Харків. 356с. С.41

11. Богомолів О.В., Ірклієнко В.І. Виробництво крупи нового виду. *Тези міжнар. н.-п. конференції. 19 листопада 2018. У 2 частинах. Харків ХДУХТ. Розвиток харчового виробництва, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність* 1 частина. С.307-309.

12. Богомолів О.В., Ірклієнко В.І., Богомолів О.О. Енергозбереженні процеси виробництва нових зернопродуктів. *Матеріали III Міжнародної науково – практичної конференції. «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності»*. Харків – Мелітополь–Кирилівка. ХДУХТ, ТДАТУ 2019 4–6 вересня. 272с. С.19-21.

13. Ольшанський В.П., Богомолів О.В., Ірклієнко В.І. Новіков С.С., Кухаренко М.Д., Зуєв Д.С., Шаренко А.Д., Богомолів О.О. Про гістерезис в моделі квазістатичного удару твердих тіл. *Матеріали XX Міжнародної науково – практичної конференції. «Сучасні напрямки технології та процесів переробних і харчових виробництв" Навчально-наукового інституту переробних і харчових виробництв*. 8 листопада Харків 2019.

14. Ірклієнко В.І. Вплив конструктивних і технологічних параметрів на енергоємність процесу здрібнення. *Матеріали XXI Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв"*. Навчальне – наукового інституту переробних і харчових виробництв. Харків 2020.

Праці, які додатково відображають наукові матеріали дисертації:

15. Ірклієнко В.І., Мучник Я.Ф. Від зерна з поля – до хліба на столі. *Зберігання та переробка зерна №8 2000р.*

16. Фролов Е.А., Богомолова В.П., Ірклієнко В.І. Підвищення ефективності функціонування малих господарств агропромислового комплексу. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2002. Випуск 9. С. 68-75.*

17. Богомолів О.В., Сафонова О.М., Чудик Ю.В., Ірклієнко В.І. Отримання борошняних сумішей за допомогою універсального малогабаритного міні-млину. *Вісник ХДПУ. Випуск 123. 2000р.*

18. Пристрій для лушення зерна: патент №25482 на винахід, В 02 В 3/02 / Ірклієнко В.І., Єсіпов О.І.; заявл. 04.11.1997, опубл. 25.12.98. Бюл. №8. 6 с.

АНОТАЦІЯ

Ірклієнко В.І. Обґрунтування раціональних параметрів робочих органів дискового здрібнювача зерна пшениці. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва – Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка Міністерства освіти і науки України. Харків, 2021.

Експериментальні дослідження проводились на кафедрі «Обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв» Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка з використанням озимої пшениці сорту "Смуглянка".

Проведений аналіз морфологічної будови зерна дозволив визначити, що скол зерна уздовж борозенки є найменш енергоємним, при цьому зусилля необхідне для руйнування склоподібного зерна стисненням у 3,5 рази більше ніж при руйнуванні зерна сколюванням. Рекомендовано руйнування зерна проводити сколюванням вздовж борозенки.

У дисертації вирішена наукова задача розколювання зернівки пшениці по борозенки на дві частини, що дозволило розробити нову технологію переробки зерна пшениці.

В роботі проведено моделювання руху зернівки по поверхні рухомого диску здрібнювача та процесу її подрібнення сколювальними рифлями здрібнювача, знайдені раціональні параметри роботи здрібнювача за умови досягнення максимального відсотка виходу повноцінного продукту і мінімальної питомо енергоємності.

Розроблене обладнання дозволяє отримати за один прохід до 53 % екологічно чистої крупи нового виду, до 28 % традиційної крупи Полтавська №4, 3,2 % крупи Артек або у разі виробництва борошна до 79,2 % борошна обойного з показником зольності відповідним борошну 1-го сорту.

Розрахунковий річний економічний ефект від впровадження дискового здрібнювача становить 109,18 тис. грн. Фактичний економічний ефект від впровадження склав 217 тис. грн.

Ключові слова: розколювання, пшениця, фізико-механічні властивості, дисковий здрібнювач, раціональні параметри.

АННОТАЦІЯ

Иркиенко В.И. Обоснование рациональных параметров рабочих органов дискового измельчителя зерна пшеницы. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства – Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко Министерства образования и науки Украины. Харьков, 2021.

Экспериментальные исследования проводились на кафедре «Оборудование и инжиниринга перерабатывающих и пищевых производств» Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко с использованием озимой пшеницы сорта "Смуглянка".

В работе установлено, что наименее энергоемким является процесс разрушения зерна пшеницы скалыванием вдоль бороздки.

В диссертации решена научная задача раскалывания зерновки пшеницы по бороздки на две части, что позволило разработать новую технологию переработки зерна пшеницы.

В работе проведено моделирование движения зерновки по поверхности подвижного диска измельчителя и процесс измельчения скалывающими рифлями измельчителя.

Обоснованы рациональные параметры работы измельчителя при достижении максимального процентного выхода полноценного продукта и минимальной энергоемкости. Разработанное оборудование позволяет получить экологически чистую крупу нового вида или муку обойную с показателем зольности соответствующим муке 1-го сорта.

Расчетный годовой экономический эффект от внедрения дискового измельчителя составляет 109,18 тыс. грн. Фактический экономический эффект от внедрения составил 217 тыс. грн.

Ключевые слова: раскалывание, пшеница, физико-механические свойства, дисковый измельчитель, рациональные параметры.

ABSTRACT

Irklienko V.I. Substantiation of rational parameters of working bodies of a disk shredder. – Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.05.11 – cars and means of mechanization of agricultural production – Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, of the Ministry of Education and Science of Ukraine. Kharkiv, 2021.

Experimental studies were conducted at the Department of "Equipment and Engineering of Processing and Food Production" of Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture using winter wheat variety "Smuglyanka".

The dissertation solves the scientific problem of splitting wheat grain along the groove into two parts, which allowed to develop new technologies for processing wheat grain.

The energy efficiency scheme of grain splitting consists of successive stages: grain supply, grain capture with simultaneous orientation in the chipped channel, jamming, the influence of the working surfaces of the chipping channel on the grain, the conclusion of the split parts from the working area.

Developed a vertical - rotary grinder of wheat grain, an element of which is a working body made in the form of two disks on the conical surface of which are coated corrugated, when combined against each other form a chipped channel, in which the grain splits into two parts.

The physical and mechanical properties of wheat grain at a moisture content of 14 % and the uniformity of the grain in terms of vitreousness are specified. The critical chipping stress was 7.4 MPa across the groove across the middle of the grain 10 MPa. Theoretically determined the shape and size of the chipping channel, the diameter of the disks and the number of grooves on it.

The estimated annual economic effect from the introduction of the disk shredder is 109.18 thousand UAH.

The disc shredder has passed production tests and is implemented in farms of Bohodukhiv and Vovchanskyi districts of the Kharkiv region. The actual economic effect of the implementation amounted to UAH 217 thousands.

Key words: splitting, wheat, physical and mechanical properties, disk shredder, rational parameters.

Підписано до друку 12.04.2021р. Формат 60×84 1/16.
Умов. друк. арк. 1,22. Зам. №202. Папір офсетний. Наклад 120 прим.

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