

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра механіки та інженерії агроecosистем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ВЕНГЕР Петро Володимирович

УДК 664.762

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування конструктивно-технічних параметрів машини для луцення та
(тема роботи)
шліфування зерна

208 «Агроінженерія»
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)
Керівник роботи

Забродський Павло Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)
к.т.н., доцент кафедри механіки,
та інженерії агроecosистем
(науковий ступінь, вчене звання)

АНОТАЦІЯ

Венгер П.В. Обґрунтування конструктивно-технічних параметрів машини для лущення та шліфування зерна. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

Робота присвячена вдосконаленню технологічного процесу лущення зерна, шляхом обґрунтування раціональних конструктивно-технічних параметрів лущильно-шліфувальної машини.

У роботі наведено технологію виробництва круп із злакових культур, та приведені схеми їх виробництва, проведено багатокритеріальний вибір параметрів технологічного процесу лущення зерна, а також вдосконалено конструкцію лущильно-шліфувальної машини.

Ключові слова: ефективність, лущильно-шліфувальна машина, зерно, удосконалення, процес.

ABSTRACT

Wenger P. Substantiation of the design and technical parameters of the grain peeling and grinding machine. Qualifying work for obtaining an educational master's degree in specialty 208 - Agroengineering - Polesie State University, Zhitomir, 2020.

The work is devoted to improving the technological process of grain peeling by substantiating rational design and technical parameters of the peeling and grinding machine.

The paper presents the technology for the production of cereals from cereals, and shows schemes for their production, carrying out a multi-criteria selection of parameters for the technological process of grain peeling, as well as the design of the peeling-grinding machine is improved.

Key words: efficiency, peeling and grinding machine, grain, improvements, process.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ВИРОБНИЦТВА КРУПИ ІЗ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР	7
1.1. Аналіз технологій виробництва крупи із зернових культур	7
1.2. Аналіз існуючих конструкцій луцильно-шліфувальних машин	11
Висновки по розділу 1	18
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ І ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ ДЛЯ ЛУЦЕННЯ ТА ШЛІФУВАННЯ ЗЕРНА	19
2.1. Багатокритеріальний вибір параметрів технологічного процесу луцення та шліфування зерна	19
2.2. Обґрунтування процесу луцення зерна	22
2.3. Розрахунок теоретичної продуктивності луцильно- шліфувальної машини	29
Висновки по розділу 2	29
РОЗДІЛ 3. УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ЛУЦИЛЬНО-ШЛІФУВАЛЬНОЇ МАШИНИ	30
3.1. Основні характеристики і принцип роботи луцильно- шліфувальної машини	30
3.2. Вибір плану експерименту	34
Висновки по розділу 3	38
ВИСНОВКИ	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	40

ВСТУП

Важливою умовою підтримання здоров'я і високого рівня працездатності людини є раціональне харчування. Їжа є джерелом енергії і одночасно слугує постачальником незамінних харчових речовин для побудови живих структур і регуляції обміну речовин. При цьому особливе значення має збалансованість компонентів, що формують їжу і підвищують її якість [1]. Нині в Україні – зернопродукти є дешевим джерелом їжі. Важливу роль при цьому виконують баластні речовини, в склад яких входять клітчатка, геміцелюлоза, пектин, лігнін. Хоч вони мало піддаються впливу кишково-шлунковому тракту людини, але можуть призвести до розвитку таких захворювань, як цукровий діабет, атеросклероз, ішемічна хвороба серця [2].

Сучасні технології переробки зернових культур прагнуть очистити продукти від грубих рослинних волокон, що призводить до зниження мікроелементів, білків і вітамінів. Також існуючі технології переробки зерна в крупу передбачають різну підготовку зерна до його обробки, наявність декількох потоків у шліфувальне відділення, контроль відходів на спеціальному обладнанні [1, 3]. Технологічна схема високопродуктивного переробного підприємства включає велику кількість однотипного технологічного і транспортного обладнання, що призводить до високих питомих енергозатрат, тому розробка ресурсозберігаючої технології і технічних засобів для обробки зерна круп'яних культур в сільськогосподарському виробництві є актуальним.

Технологічний процес переробки зерна в крупи у загальному вигляді складається з восьми-десяти операцій (очистка зерна, сортування за фракціями, лушення, подрібнення, відбір зерна, шліфування, сортування продуктів лушення, видалення лузги і муки). З врахуванням специфічних властивостей окремих видів круп деякі операції процесу можуть бути відсутніми.

Технологічний процес виробництва крупи ускладнюється ще й тим, що однорідність зернової маси за розмірами складає не більше 70-80%. Так як зерно лушать та шліфують, пропускаючи його між робочими органами машини, встановленими з певним зазором, стає зрозуміло, наскільки важливо мати однорідну за величиною і якістю зернову масу. Неоднорідність зернової маси потребує введення спеціальної технологічної операції розділення зернової маси на фракції з наступним круповідділенням.

При виробництві хлібу застосовують продукти переробки хлібних культур: жита, пшениці, а круп'яних, не дивлячись на їх високу харчову цінність, - обмежено. Існуючі технології передбачають переробку круп'яних культур крупозаводами і сільськогосподарськими підприємствами.

Ячмінь має достатньо збалансований хімічний склад, великий міневальними речовинами і вітамінами. Ця культура відрізняється також високим вмістом водорозчинних речовин, харчових волокон що покращують травлення. Особливою цінністю хімічного складу, такої культури, як ячменю є високий вміст полісахариду Р-глюкану, що володіє холестеринознижувальним ефектом.

Але отримання ячменевої крупи і муки пов'язане з високими затратами енергії і низьким виходом готової продукції. Отримані продукти володіють невисокими споживчими властивостями. Крім того, при традиційні технології разом із квітковими плівками видаляються плодове і насінні оболонки та алейроновий шар, в якому міститься основна кількість активних речовин: жирів, вітамінів, харчових волокон і мінеральних речовин. Роль останніх в повноцінному значенні в даних термін значно виріс.

У зв'язку з цим, удосконалення ресурсозберігаючої машини для лушення та шліфування зерна, які можуть бути використані не тільки крупозаводами, але і сільськогосподарськими підприємствами [1], з отриманням продуктів підвищеної харчової і споживчої цінності набуває особливу актуальність.

Відповідно до викладеного, у кваліфікаційній роботі сформульовано **мету дослідження**: обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри машини для луцення та шліфування зерна, що забезпечує поліпшення якісних показників процесу.

Об'єкт дослідження: процес луцення та шліфування зерна.

Предмет дослідження: закономірності взаємодії робочих органів лушильно-шліфувальної машини із зерном ячменю та пшениці, залежності кількісних і якісних показників роботи від конструктивно-технологічних параметрів.

Методи дослідження: теоретичні обґрунтування параметрів і режимів роботи лушильно-шліфувальної машини проводилось з використанням математичного моделювання, та базувалось на законах класичної механіки, механіки матеріалів і аналітичної геометрії.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано тези у Збірнику доповідей учасників II Міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи в агропромисловому виробництві» та збірнику матеріалів науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2020».

Обсяг та структура роботи. Робота складається із вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 43 сторінках машинописного тексту, містить 3 таблиці, 23 рисунка, списку використаних джерел з 33 найменувань.

РОЗДІЛ 1.

ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ВИРОБНИЦТВА КРУПИ ІЗ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

1.1. Аналіз технологій виробництва крупи із зернових культур

Лущення та шліфування зерна, тобто видалення квіткових плівок, плодових і насінневих лусочок, найважливіші технологічні операції круп'яного виробництва. Їх основне завдання – це збереження ядра зернівки, що являє собою основну харчову цінність цілим і виділити оболонки, які не засвоюються людським організмом. Тому від того, наскільки правильно вибрані засоби і методи для виконання процесу лущення та шліфування, буде залежати і раціональне використання сировини.

Перед тим, як провести лущення і шліфування зерна, його потрібно підготувати. Процес підготовки зерна до переробки в перлову і ячмінну крупу практично однаковий.

Великий вклад у вивчення технологічних властивостей і створення технології обробки круп'яного зерна внесли вчені: Є.М. Мельников [3], Грінберг Н.Є. [4], Бутковський В.А. [5], Єгоров Г.А. [6], Грінзбург М.Є.[7], Лопатинський С.М.[8] та ін. Велику кількість досліджень присвячено сепаруванню зернового матеріалу, так в працях В.В. Гортинського [9], Міронова П.А. [10], Мельніков Є.М. [11] та інших викладені принципальні положення поділу зернової суміші. Великий вклад у розвиток теорії системного аналізу технологічних процесів обробки зерна внесли такі вчені як Панфілов В.А. [12], Єгоров Б.В. [13], Камінський В.Д. [14] та ін.

Великий вклад у розвиток дослідження технологічних, фізико-механічних і біологічних властивостей зерна злакових внесли Жазлін Я.М.[15], Мерко І.Т. [16], а також закордонних вчених М.М. Макмастера [17], Д. Джонс [18] та ін.

Великий вклад у складання класифікацій способів лущення зерна був зроблений такими вченими як Борискін М.А. [19], Соколов А.Я. [20] та ін.

Дослідження технології лушення зернових культур і принципам дії обладнання, що використовується в процесі лушення, присвятили свої роботи дослідники і науковці: Аммосова А.М. [21], Глебов Л.А. [22], Таранин А.В. [23], Єсін С.Б. [24] та ін. в працях яких розкриті як загальні так і деякі часткові питання теорії і конструювання робочих органів лущильних машин.

Особливість схеми підготовки – операція попереднього лушення зерна. Зерно очищають від домішок, очищають на двох-трьох системах повітряно-ситових апаратів, каменевіддільних машинах та трієрах (рис. 1.1).

У повітряно-ситовому сепараторі першої системи виділяють великі і малі домішки, а на ситі з розмірами 2,4 – 20 мм зерно ділять на дві фракції – велику та дрібну, які роздільно направляються на сепаратори другої та третьої системи. На сепараторі другої системи велику фракцію зерна додатково очищають від великих домішок, а також виділяють з неї дрібну фракцію.

Із зерна, що потрапило на сепаратор третьої системи (мілкої фракції) виділяють дрібне зерно проходом сита з отворам розміром 2,2 – 20мм, яке направляють на контроль мілкового зерна в буртах або крупосортувальних машинах, де проходом сита з отворами 16 мм виділяють відходи третьої категорії.

Велику фракцію зерна з сепаратора другої системи і дрібну з сепаратора третьої системи направляють на вівсюго та куколевідборочну машину. Зерно очищене від домішок, попередньо лущать, відділяючи квіткові плівки і отримуючи напівфабрикат – пенснук.

Зерно лущать або дворазовим послідовним пропусканням через оббивочні машини, або одноразовим пропусканням через оббивочну машину і одноразовим пропусканням через машину ЗШМ-3А (машина з абразивними дисками). Після кожної лущильної машини для видалення луски і мучки встановлюють аспіратори [25].

Якість отриманого пенсака характеризується вмістом не лушеного зерна - до 5%, а вмістом дробленого не більше – 50%. Після підготовки пенсак іде на виготовлення крупи [25].

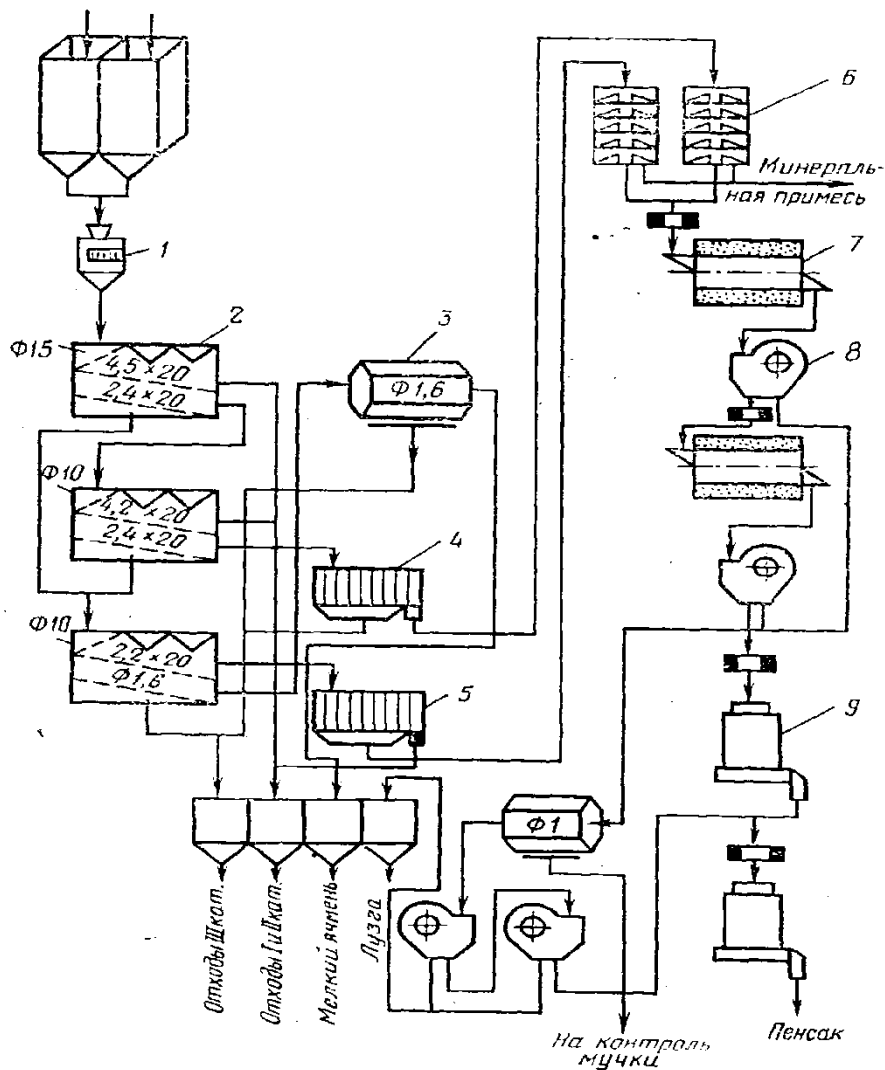


Рисунок 2.1 – Схема підготовки ячменя до переробки в крупу: 1-автоматична вага; 2-повітряно-ситовий сепаратор; 3-бурат; 4-куколе-відборочна машина; 5-вівсюговідбірна машина; 6-каменевідділююча машина; 7-оббивочна машина; 8-аспіратор; 9-машина ЗШМ-3А;

Перлова крупа являє собою шліфований і не шліфований пенсака. Пенсак шліфують і полірують на луцильно-шліфувальних типу ЗШМ (рис. 1.2). Схема включає три системи шліфування і три системи полірування. Зернистість абразивного матеріалу, що використовується для виготовлення абразивних дисків машин, поступово зменшуються.

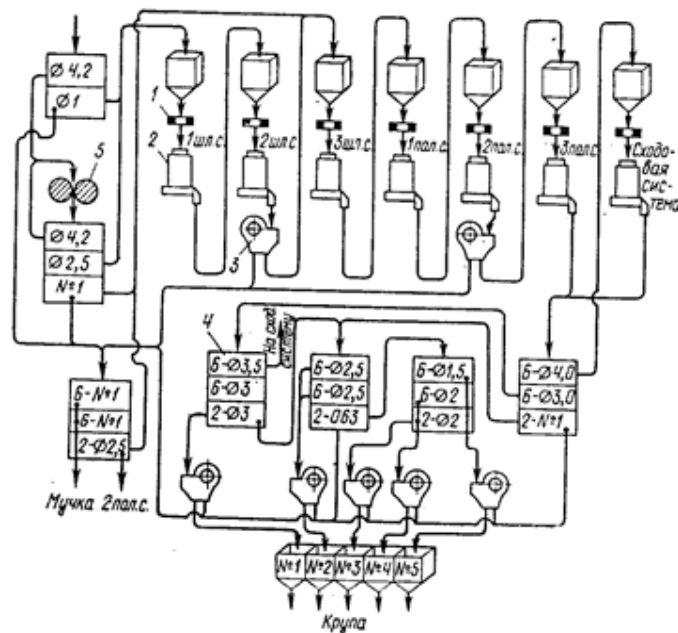


Рисунок 1.2-Схема переробки пенсняка в перлову крупу: 1-магнітний сепаратор; 2-луцильно-шліфувальна машина ЗШМ-3; 3-аспіратор; 4-розсів; 5-вальцевий станок;

Після другої системи шліфування і другої системи полірування, продукцію провівають в аспіраціях для більш повного видалення мучки і залишків квіткових плівок. Після третьої системи полірування, суміш крупи розділяють по номерах на ситах, які характеризують величину відповідних номерів. При шліфуванні і поліруванні пенсняка утворюється велика кількість мучки, яку контролюють в розсівах для видалення з неї ядра [12].

Ядро відбирають сходом сит з отворами діаметром 2,5мм. Виділені ядра повертають відповідно на третю шліфувальну і другу полірувальну системи. Крупи кожного номера провівають в аспіраціях, потім провівши магнітний контроль направляють в пакувальне відділення.

Ячмінна крупа являє собою подрібнений до певної величини пенсняк, але так як ячмінну крупу обробляють менш інтенсивно, ніж перлову, пенсняк перед подрібненням додатково шліфують на одній системі машин ЗШМ-3. Пенсняк дроблять в вальцевих станках, просівання продуктів, дроблення проводять в розсівах. Схема переробки пенсняка в ячмінну крупу включає чотири системи (рис. 1.3).

У вальцевих станках використовують рифлені вальця з щільністю нарізки від 3,5 рифів на 1см на перші системі і до 5,0 – на другій; нахил рифів на перших двох системах 8 градусів, на всіх інших – 10 градусів; відношення швидкості двох вальців – 2,5:1; взаємне розміщення – лезо по лезу. З розсіву кожної системи сходом сит №2,5 – 2,8 відбирається сходова продукція, що направляється на послідуєче дроблення. Проходом сит № 0,8 відбирають мучку, яка направляється на контроль [14].

Кожну фракцію провівають в аспіраторах, а велику фракцію один раз шліфують на машинах ЗШМ-3А. Готову крупу сортують по номерах на ситах з отворами діаметром 2,5, 2,0, 1,5мм. Перед відправкою в пакувальному відділення.

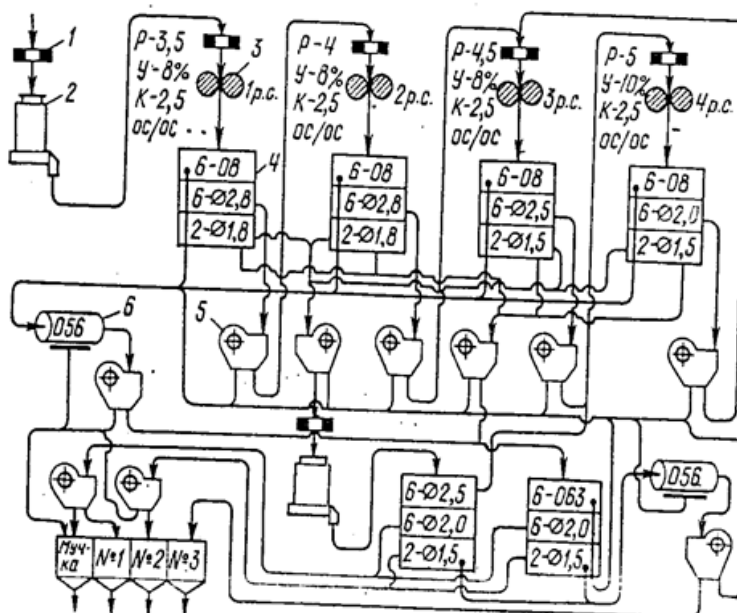


Рисунок 1.3 - Схема переробки пенсака в ячмінну крупу: 1-магнітний сепаратор; 2-луцильно-шліфувальна машина ЗШМ-3; 3-пальцевий станок; 4-розсів; 5-аспіратор; 6-бурат

1.2 Аналіз існуючих конструкцій луцильно-шліфувальних машин

Машина луцильна (рис. 1.4) призначена для луцення та шліфування зерна круп'яних культур [26]. Машина складається з корпусу 1, який встановлений на станині з завантажувальних і вивантажувальних патрубків. Всередині корпусу на вертикальному валу 2, який встановлений на підшипниках, горизонтально закріплені абразивні диски 4, які знаходяться

всередині ситового циліндра 3, жорстко закріпленого всередині корпусу. Над абразивними дисками встановлені нерухомі, похило розташовані сектори (скати) 5, а також регульовані дугоподібні направляючі платини 10, змонтовані з можливістю повороту в горизонтальній площині за допомогою регулятора 11 з фіксуючим пристроєм.

Машина працює наступним чином. За допомогою регулятора 12 встановлюють подачу зерна на верхній абразивний диск, а регулятором 11 встановлюють направляючі пластини під потрібним кутом в горизонтальній площині та фіксують. Вмикають електродвигун і подають зерно. Зерно, через завантажувальний патрубок та воронку регулюючого пристрою 11, поступає на поверхню першого диска, а після цього просувається до низу контактуючи з поверхнями дисків, які розташовані нижче. Зерно обробляється як горизонтальними поверхнями так і вертикальними (торцевими) поверхнями дисків.

При цьому інтенсивність обробки зерна залежить від положення направляючих пластин між абразивними кругами. Випуск продукції регулюється регулятором 7, що встановлений на випускному патрубку. У випадку відхилення продуктивності від заданої її регулюють опускаючи або піднімаючи воронку регулятора 12, а інтенсивність обробки зерна – зміною положення зерна над абразивними кругами. Для примусового видалення продукції служить крильчатка 6, яка закріплена на валу навпроти випускного патрубка. Облущені оболонки та мучнисті продукти обробки зерна відсмоктуються через повітряний патрубок 9.

Перевагами даної машини є те, що вона обладнана похилими дисками (скатами), які направляють зерно до центра дисків, та направляючими пластинами, за допомогою яких можна регулювати інтенсивність обробки зерна, а також перевагою даної машини є те, що вона обладнана крильчаткою для примусового вивантаження обробленого зерна.

Недоліками даної є складність машини а також те, що простір між корпусом та ситовими циліндром (сіткою) розділений навпіл в зв'язку з тим, що з даної половини відсмоктується суміш повітря з аспіраційними домішками, а з іншої повітря засмоктується до робочої зони машини.

Машина яка зображена на (рис.1.5) призначена для луцення та шліфування зерна зернових культур, при виробництві крупи.

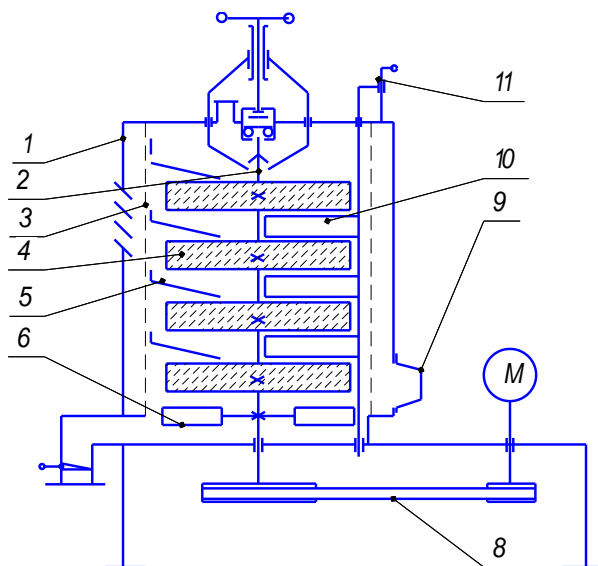


Рисунок 1.4 – Машина луцильна 1 - корпус; 2-вал; 3-сітка; 4-диск; 5-скат; 6-крильчатка; 7,11,12-регуля-тори; 8-привід; 9-патрубок повітряний; 10-пластина направляюча.

Машина складається з пустотілого вала 4, який змонтований на підшипниках. На валу змонтовані абразивні диски, які обертаються в середині перфорованого циліндра 2, який опирається на гнізда в корпусі машини. Також до складу машини входять завантажувальний та розвантажувальний патрубкі, повітряний патрубок, клапан регулювання виходу готової продукції, який знаходиться в вивантажувальному патрубку.

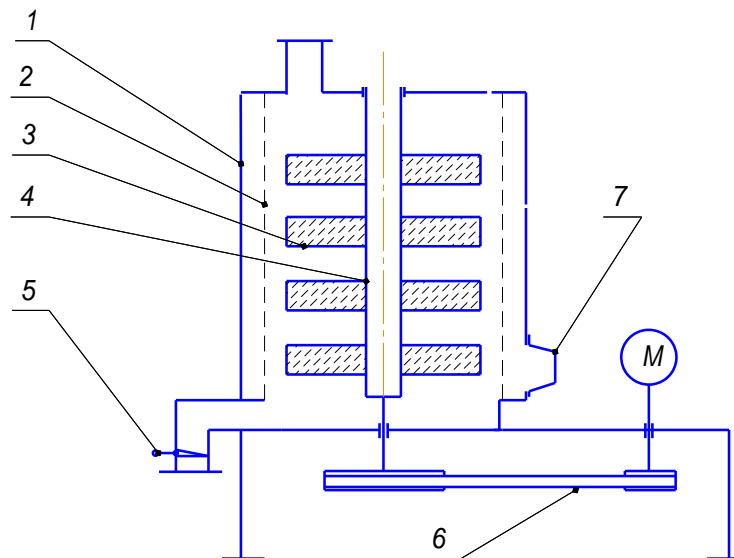


Рисунок 1.5 – Машина для луцення та шліфування зерна: 1-корпус; 2-сітка; 3-диск; 4-вал; 5-регулятор; 6-привід; 7-патрубок повітряний

Машина працює наступним чином. Запускається двигун. Продукція по завантажувальному патрубку потрапляє в машину та проходить міждисковим простором робочої зони. Між краями дисків та ситовим циліндром відбувається обробка продукції за допомогою інтенсивного тертя.

Просуваючись по гвинтовій лінії зверху вниз до вивантажувального патрубка. Випускний патрубок, який обладнаний клапаном, забезпечує плавне регулювання поперечного перерізу продукції, що в свою чергу дозволяє регулювати технологічний ефект обробки зерна та продуктивність машини. Видалення оболонок зерна та мучнистих відходів відбувається за допомогою потоку повітряних струменів, які рухаються від пустотілого вала через шар продукції до перфорованого циліндра, пройшовши через циліндр, суміш потрапляє в простір між циліндром та корпусом машини, звідки видаляється через повітряний патрубок 7 до аспіраційної системи.

Перевагами даної машини є простота у виготовленні та простота будови. Недоліками даної машини є те що під час роботи відбувається просипання частини зерна через зазор між бічною поверхнею абразивних дисків та стінками перфорованого циліндра, утворення застійних зон в між дисковому просторі, можливість виникнення перевантажень.

Машина роторно-брусова (рис.1.6) призначена для лушення зерна при виробництві крупи. Машина складається з корпусу 2, приймального та випускного патрубків, нерухомого ситового циліндра 3, вертикального вала з радіально встановленими на ньому вертикальними брусами 4 з абразивного матеріалу, вихідного патрубку для продуктів лушення 8. Для радіального переміщення брусів з метою регулювання зазору між брусами та ситовим циліндром, служить важільно гвинтовий механізм 5, диска захищеного 9, який призначений для направлення зерна в робочу зону машини.

Лущильна машина працює наступним чином. Зерно поступає в машину через приймальний патрубок і під дією відцентрової сили, яка виникає при обертанні захисного диска, поступає на внутрішню поверхню ситового циліндра, по якій рухається по спіральній траєкторії і поступово наближається до випускного патрубку в нижній частині машини. При цьому зерно інтенсивно лущиться за рахунок тертя об абразивну поверхню

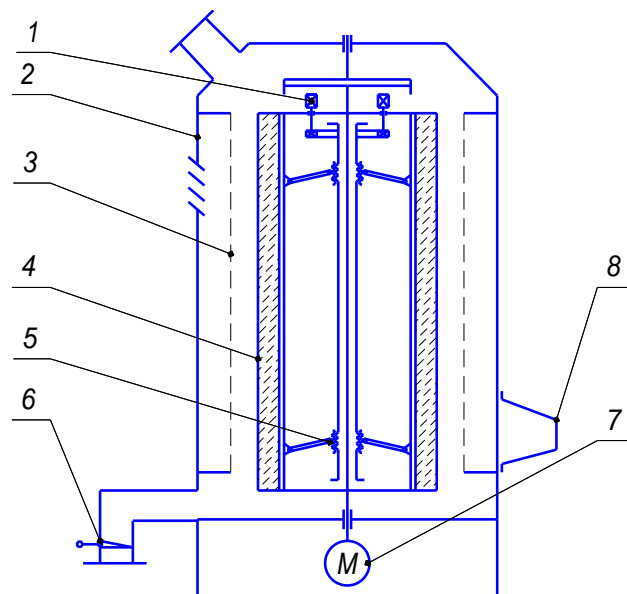


Рисунок 1.6 – Машина роторно-брусова 1,6-регулятори; 2-корпус; 3-сітка; 4-брус; 5-важільно-гвинтовий механізм; 7-привід; 8-патрубок повітряний; 9-диск захисний.

циліндра. Мілкі частинки та зернові оболонки, що утворилися в процесі лушення, проходять через отвори в перфорованому циліндрі і разом з запиленим повітрям відсмоктується через відповідний патрубок 8. Облушене зерно виходить з машини через вивідний патрубок. Перевагою даної

конструкції є те, що вона обладнана системою регулювання зазору між брусами та ситовим циліндром.

Недоліками машини є те, що під час її роботи можливе просипання зерна в зазорі між брусами та циліндром, недостатнє відсмоктування аспіраційних домішок з оброблювальної продукції, а також те, що дану машину можна використовувати лише для луцення зерна і неможливо використовувати для його шліфування.

Машина роторно-дискова (рис.1.7) призначена для луцення зерна і використовується при виробництві крупи. Машина містить корпус 4, вал 3, на якому жорстко закріплені абразивні диски овальної форми, приводу, регуляторів, які розміщені у впускному та випускному патрубках [27].

Машина працює наступним чином. Від електродвигуна через пасову передачу крутний момент передається на вертикальний вал машини і приводить його в рух, при цьому напрям руху абразивних дисків співпадає з напрямом гвинтової лінії, що утворюється великими осями овалів. Зерно через приймальний патрубок поступає в робочу зону і заповнює всі вільні порожнини між дисками та стінками робочої камери. Абразивні диски розподіляють зерно по робочій камері і переміщують його. Луцення зерна відбувається в зазорі між абразивними дисками 2 і стінкою робочої камери 4. Рухомі абразивні диски створюють стиснуту дію на зерно, в результаті чого відбувається луцення зерна. При цьому величина стискування зерна періодично змінюється створюючи умови для часткового зрівноваження внутрішніх напруг в зернівках.

Регульовальними пристроями 1 і 5, які розміщені відповідно в впускному і випускному патрубках, встановлюють кількість зерна, що поступає в робочу зону, та виходить з робочої зони машини, та час його перебування в робочій зоні.

Перевагою даної машини є простота конструкції та інтенсивність дії на матеріал, що обробляється. Недоліками машини є те що використання

еліпсоїдних абразивних кругів вимагає підвищення точності щодо їх балансування, можливість просипання частини необробленого зерна через зазор між стінкою та бічними поверхнями абразивних дисків, неможливість видалення облущених оболонок та мілких домішок безпосередньо з робочої зони.

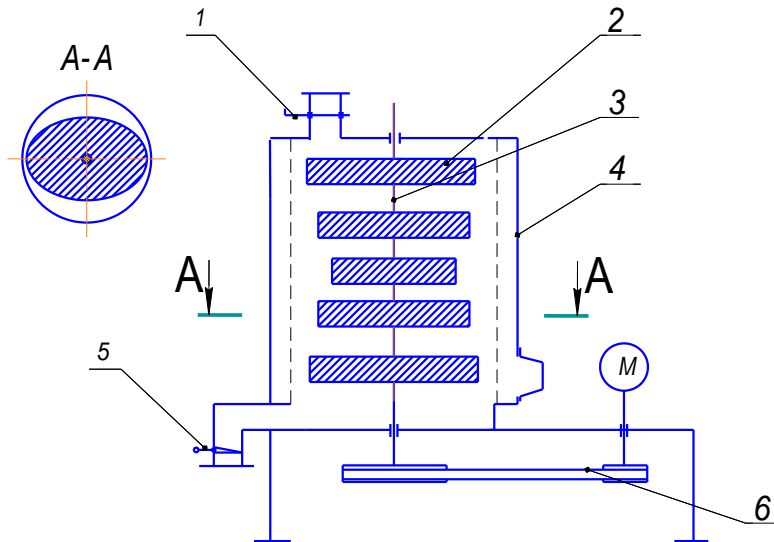


Рисунок 1.7 – Машина роторно-дискова: 1,5-регулятор; 2-диск; 3-вал; 4-корпус; 6-привід.

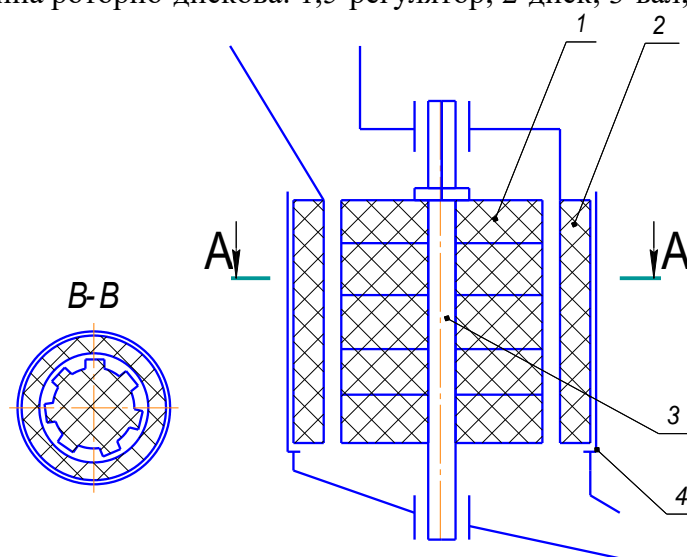


Рисунок 1.8 – Машина роторно-вальцева: 1-циліндр; 2-валець; 3-вал; 4-корпус.

Машина роторно-вальцева (рис.1.8) призначена для луцення зерна при виробництві крупи. В корпусі 1, з можливістю обертання встановлений ротор 2, який має виступи та впадини на своїй циліндричній поверхні, циліндрична дека виконана з абразивного матеріалу і встановлена в корпусі нерухомо. Корпус обладнаний завантажувальним та розвантажувальним патрубками [28].

Сировина подається в завантажувальний патрубок, захоплюється лопатями ротора і подається в простір між ротором та декою. Зерно під дією лопатей ротора перекочується по абразивній поверхні деки вниз по гвинтовій лінії звільняючись від оболонок. Готова продукція разом з зерновими оболонками виходить через вихідний патрубок.

Перевагою даної машини є простота конструкції, та її виготовлення. Недоліком даної машини є нестабільність процесу захоплення продукції лопатями ротора, неможливість видалення продуктів луцення та дрібних домішок безпосередньо з робочої зони машини, неможливість використання даної машини для шліфування зерна.

Висновки по розділу 1

На основі аналізу технологічних схем і обладнання з переробки зерна нами було виявлено однотипне обладнання. Використання даного обладнання, а також технологічних властивостей зерна, його основних домішок і продуктів переробки, дозволяють поєднати ряд технологічних операцій. При цьому передбачається можливість широкого використання загальних технологічних схем з переробки двох-трьох і більше круп'яних культур. Виходячи із вищевикладеного нами сформовані наступні задачі дослідження:

1. Провести аналіз існуючих технологій виробництва крупи та вибрати технологію, яку б найдоцільніше використовувати крупозаводами і сільськогосподарськими підприємствами.
2. Визначити умови виділення домішок з обґрунтуванням диференційованого підходу до обробки зерна і обґрунтувати параметри обробки ячменю і пшениці.
3. Розробити луцильно-шліфувальну машину, яка б підвищила ефективність використання обраної технології виробництва крупи.

РОЗДІЛ 2.

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ І ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ ДЛЯ ЛУЩЕННЯ ТА ШЛІФУВАННЯ ЗЕРНА

2.1. Багатокритеріальний вибір параметрів технологічного процесу лушення та шліфування зерна

Комплексний підхід щодо обґрунтування рішень зазвичай викликає необхідність використовувати для оцінки різні варіанти декількох критеріїв. Це обумовлено тим, що на кожен рівень може мати ряд цілей, що не зводяться до однієї. Крім того, кожна ціль може характеризуватись кількома частковим критеріями.

Багатокритеріальність проявляється особливо чітко при розробці та реалізації дорогих проектів. У таких випадках потрібно враховувати не менше чотирьох узагальнюючих показників, при якому із них потрібно досягти кращого значення при різних пов'язаних характеристик системи [29]. Можливе існування суперечливих критеріїв, це коли відбувається покращується одного та викликає погіршення іншого.

Одним із простих методів багатокритеріального вибору є метод, суть якого полягає в підтверженні досконалості та оцінені міри наближення до одного з варіантів машин.

При багатокритеріальних розрахунках прийняття рішень здійснюється на основі співставлення результатів одно варіантних розрахунків на відповідність певному критерію, як правило критерієм вибору оптимального варіанту є мінімізація певної величини.

До багатокритеріальних розрахунків відносяться:

- розрахунки з однокритеріальним вибором (коли вибір оптимального варіанту виконується за одним критерієм);
- багатокритеріальні (коли з множини можливих варіантів визначається один варіант, що відповідає одночасно декільком критеріям);

- при однокритеріальному методі критерій, що визначається повинен задовольняти всі можливі варіанти.

У даному випадку проводиться багатокритеріальний вибір марки машини при якому:

1. Складається матрицю існуючих конструкцій луцильно-шліфувальних машин з описаними параметрами, всі дані заносяться до таблиці, створеної в середовищі Excel (табл. 2.1);

2. Визначаються параметри ідеалізованого варіанту луцильно-шліфувальної машини (для ідеалізованого варіанту приймаються значення найкращих із наявних заданих машин.(табл. 2.2);

3. За даними таблиці 2 будується пелюсткова діаграма (рис. 2.1), за якою знаходяться варіанти наближені до ідеалізованого.

Таблиця 2.1 – Параметри існуючих луцильно-шліфувальних машин

Марка машини	Показники				
	Продуктивність, кг/год	Вага,кг	Ціна,грн.	Енерговитрати, кВт/год	Площа,м
ЗШМ-3	300	590	28000	15	1,12
МШ-400	400	950	119988	19,5	2,14
ЗШМ-3А	400	600	45000	11	1,12
МЛШ-0,250	300	720	66771	16,2	2,05
Ідеалізований варіант	420	590	25200	11	1,12

Таблиця 2.2 – Таблиця безрозмірних коефіцієнтів для параметрів існуючих моделей луцильно-шліфувальних машин

Марка машини	Показники				
	Продуктивність, кг/год	Вага,кг	Коефіцієнт.	Енерговитрати, кВт/год	Площа,м
ЗШМ-3	0,71429	1	1	1,36364	1
МШ-400	0,95238	1,61017	2,256098	1,77273	1,910714
ЗШМ-3А	1	1,01695	1,4	1	1
МЛШ-0,250	0,71429	1,22034	1,121951	1,47273	1,830357
Ідеалізований варіант	1	1	1	1	1

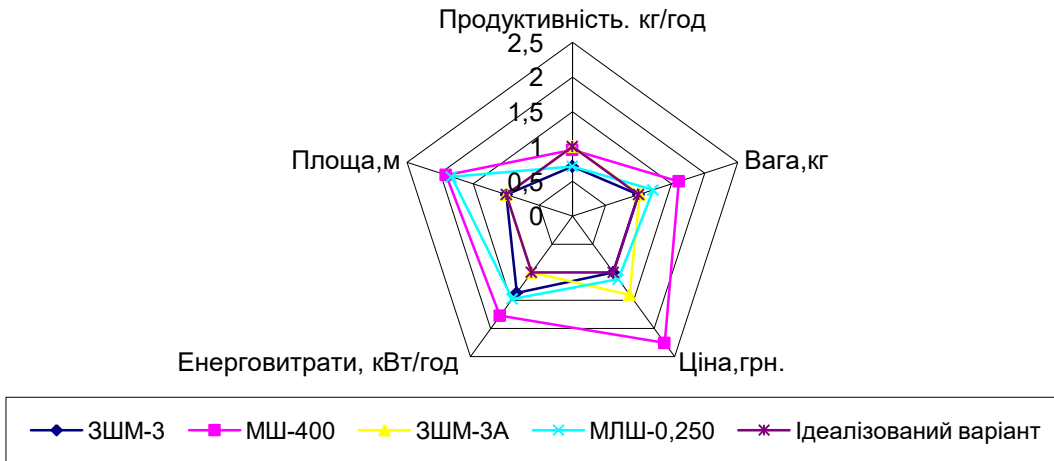


Рисунок 2.1 – Пелюсткова діаграма

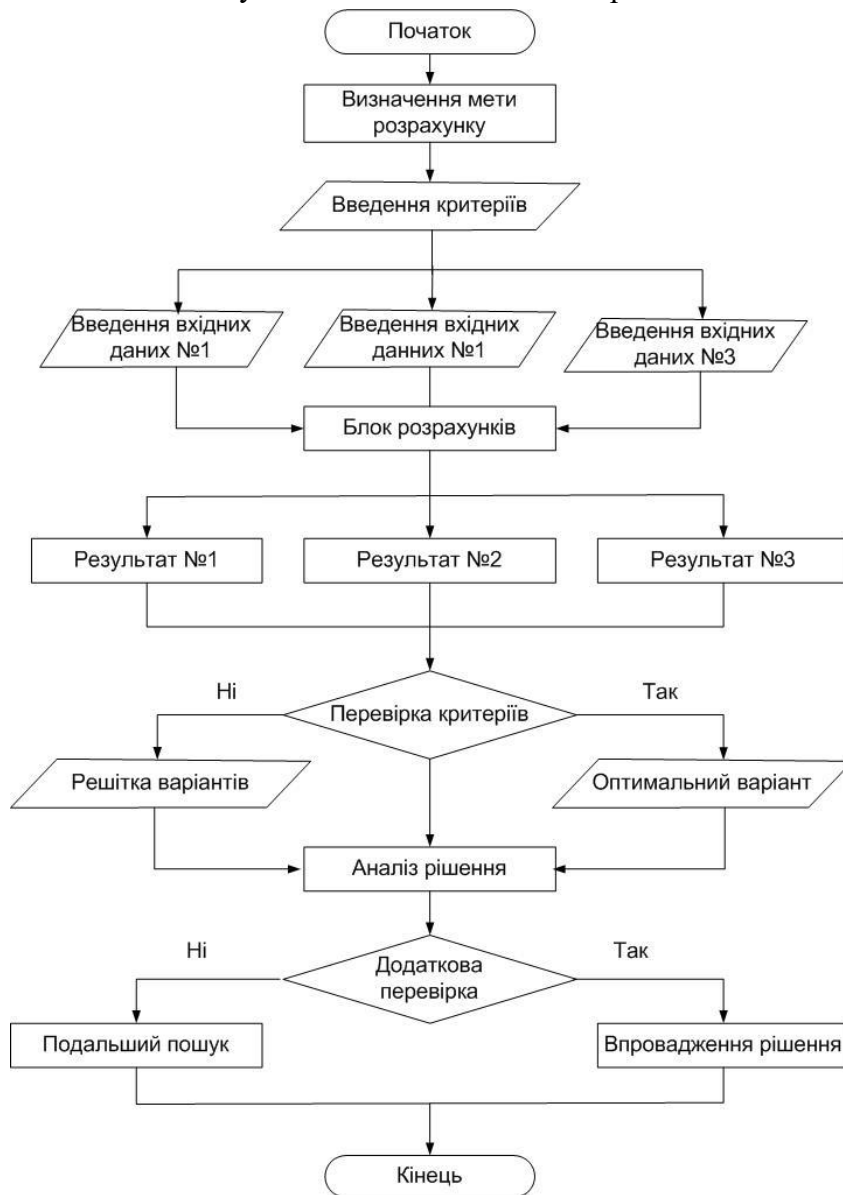


Рисунок 2.2 – Загальна схема проведення багатокритеріальних розрахунків

З пелюсткової діаграми багатокритеріального вибору видно, що за значеннями параметрів найбільш наближена до ідеалізованого варіанту конструкція луцильно-шліфувальної машини марки ЗШМ-3А, отже дана конструкція найбільш вигідна для впровадження в дану технологію виробництва.

2.2. Обґрунтування процесу луцення зерна

Перед виробництвом крупи, зерно як правило, попередньо ділять на 2-6 фракцій [7].

Розділення зерна на фракції перш за все покращує умови луцення, так як на луцильні машини поступає зерно, однакове по розмірах. На луцильних машинах зростає кількість облущених зерен, а дроблення ядра при цьому зменшується. Сортування зерна на фракції інколи переслідує й іншу, ще більш важливу ціль яка полягає в послідуєчій можливості луцених і не луцених зерен.

Зерно на фракції розділяють в крупосортувальних машинах і круп'яних розсівах, в окремих випадках використовують повітряно-ситові сепаратори. Для розділення зерна використовують сита з круглими або продовгуватими отворами.

Висока точність розділення необхідна в тих випадках, коли його використовують для можливого послідуєчого розділення луцених і не луцених зерен. Наявність мілкої фракції в великій може суттєво погіршити результати розділення луцених і не луцених зерен. А для цього, необхідно ввести калібрування зерен без значних недосівів.

Процес луцення полягає у відділенні зовнішніх плівок: квіткових - з вівса, рису, ячменя, проса; плодових – пшениця, гречка, кукурудза; насінневих – горох. На даний час на круп'яних заводах промислового значення застосовують п'ять основних видів луцильних машин: вальцеві станки луцильні постави, станки з прогумованими вальцями, луцильні

машини з абразивними дисками, оббивочні машини. Робочими органами даних машин являється горизонтальний циліндр (валець), що обертається, і нерухомо закріплена частина циліндричної поверхні – дека.

Зерно, що поступає в машину, захоплюється вальцем і декою, одночасно піддаючись деформаціям зсуву та стиску. При цьому частина плівок зерна зі сторони вальця, що обертається, отримує зусилля зсуву, в той час як інша його частина, що притиснута до нерухомої деки, отримує гальмівне зусилля. При цьому плівки гречки сколюються по гранях, а плівки проса подрібнюються або проходить розколювання на дві частини, після чого ядро вільно випадає.

Мінімальний зазор між вальцем і декою повинен бути більший за розміри ядра, в протилежному випадку ядро буде обов'язково подрібнюватися. Дуга заготовки деки, як правило окреслюється тим же радіусом, що і валець. З практичної точки зору це дає певні зручності, оскільки поверхню деки можна вирівняти притиркою її до вальця.

Так як форма і анатомічний склад зерен і особливо структурно-механічна будова їх плівок різна, то при луценні необхідно використовувати різні способи дії на зерно. Такі робочі органи забезпечують менше дроблення ядра, ніж робочі органи з штучних абразивних матеріалів. Необхідно слідкувати затим, щоб пісчанник мав достатню твердість, міцність і однорідність структури абразивної маси, оскільки в протилежному випадку буде нерівномірне зношування або викришування поверхонь, що негативно відіб'ється на ефективності луцення.

В луцильних поставах (рис.2.3) зерно луцять між двома дисками, робоча поверхня яких покрита абразивним матеріалом. Зерно входить через отвір в центрі верхнього диска, розкидається диском, який обертається, падає на нижній диск, який теж обертається і під дією відцентрової сили направляється в робочу зону.

Якщо зазор між дисками в зоні лушення більший розміру зерен, то вони переміщуються по поверхні диска який обертається, в даному випадку працює як плоска центрифуга. При цьому сила тертя діє тільки в площині контакту зерна з рухомими дисками. Вона дорівнює власній вазі кожної зернини помноженої на коефіцієнт тертя зерна об поверхню диска. Ця сила недостатня для лушення зерна. Траєкторія диска являє собою криву, що йде в напрямку від внутрішнього радіуса r до його зовнішнього радіуса R .

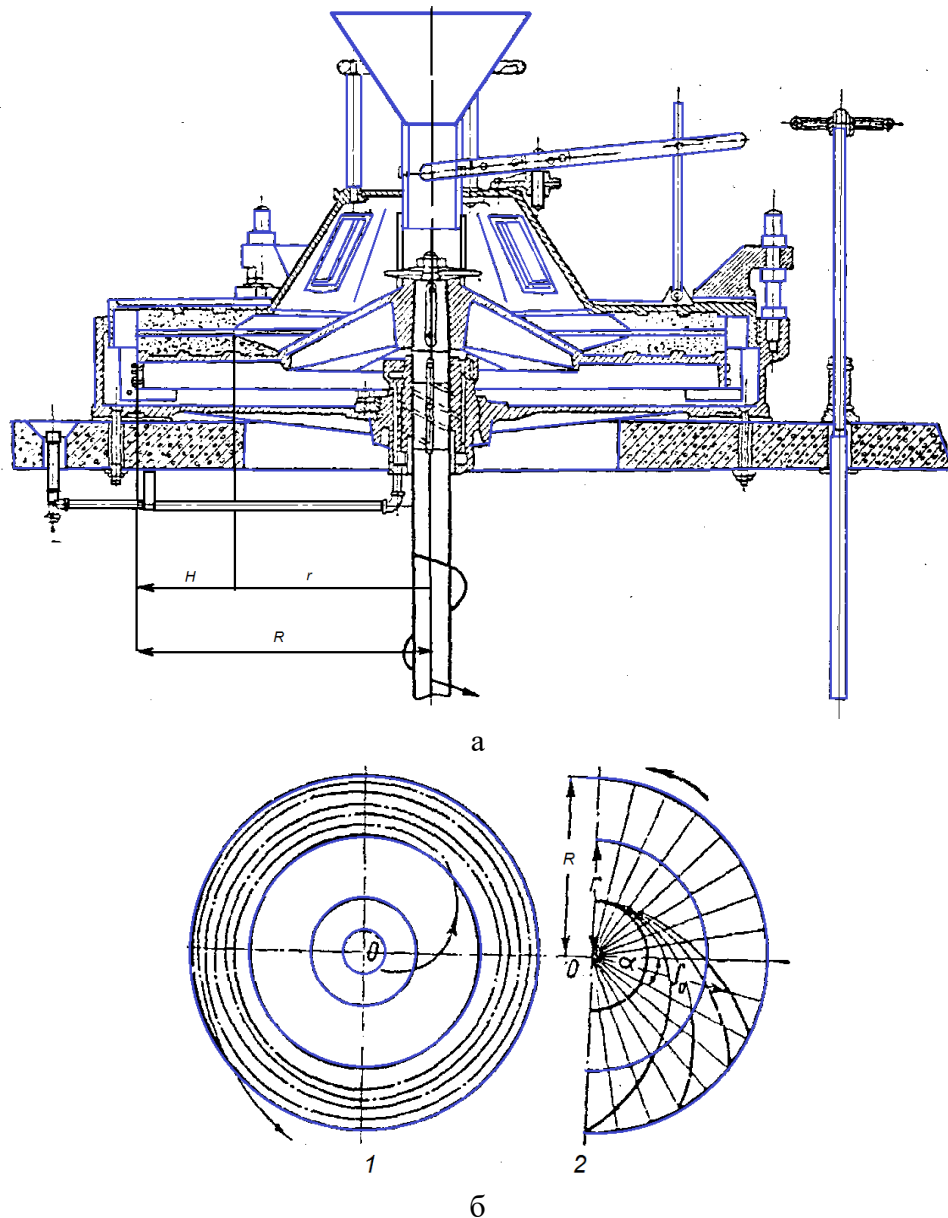


Рисунок 2.3 – Робочі органи лущильного постава: а – переріз: R - радіус дисків; r – радіус дисків по якому не відбувається обробка сировини; H – частина дисків, яка покрита абразивним матеріалом; б - траєкторія руху зерна в лущильному поставі; 1-траєкторія руху зерна по відношенню до нерухомого диска; 2-траєкторія руху зерна по відношенню до диска, що обертається;

По відношенню до нерухомого диска зерно буде описувати багатовиткову спіраль (рис. 2.3 б), так як, переміщуючись відносно рухомого диска, воно одночасно рухається з самим диском.

Коли зазор між дисками в зоні луцення трохи менший розміру зерна, вертикальне навантаження зростає пропорційно стисканню зернівки і значно перевищує її вагу. Реакція від сил опору стиску сприймається верхнім і нижнім диском і створює сили тертя між зернівкою та дисками. Обидві сили тертя (верхнього і нижнього диска) рівні лише в тому випадку, коли коефіцієнти тертя рівні, що забезпечується при однорідності матеріалів дисків і умов руху [7].

Зерно злегка стиснуте, набуває, з одної сторони відцентрової сили, що намагається викинути його з робочої зони, в той же час під впливом стискання, зернівка отримує гальмівне зусилля. При цьому швидкість зернівки має два значення: відносну швидкість переміщення по нижньому рухомому диску і абсолютну швидкість відносно нерухомого диска.

Напрямок сил, що діють на зернівку, співпадають, так як сила тертя, викликана реакцією стискання рухомого диска, направлена проти відносної швидкості, а сила тертя нерухомого диска – проти абсолютної швидкості.

Обидві сили відрізняються точками прикладання. Під дією цих сил зерно описує криву від центра до країв диска. Різниця в швидкостях руху і зусиллях збільшується по мірі віддалення зернівки від центра диска до його країв, так при цьому збільшується колова і відносна швидкість. Спостережене підвищення швидкостей і зусиль викликає в оболонках складні деформації (стиск, зсув, сколювання), наслідком яких є руйнування оболонок, та звільнення ядра зернівки.

Колова швидкість на зовнішній кромці робочої зони 12,5 – 15 м/с. Зернистість абразивного матеріалу різна в залежності від того, яка культура обробляється даною машиною.

Найбільш близьке до наших досліджень і повний теоретичний опис руху зернівки по площині і експериментальна апробація проведених досліджень представлено в роботі С.С. Ямпілова «Теоретичний опис руху частинок зернового матеріалу в прямолінійному каналі трикутного перетину» [33].

Однак в роботі С.С. Ямпілова розглядається рух зернівки, як твердого тіла, що не потрібно для визначення кута нахилу і довжини каналу. Рух зернівки по площині проілюстровано на рис. 2.4.

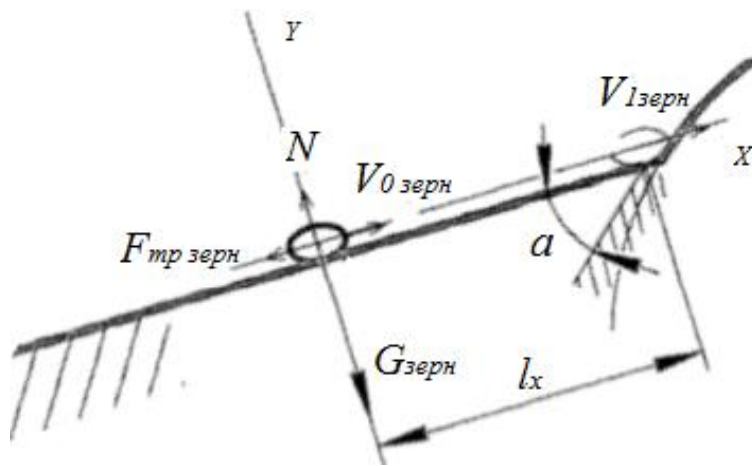


Рис. 2.4 Розрахункова схема руху зернівки

Рух зернівки, зображене на рис.2.4 не можна розглядати як рух еліпсоїда, тому що неможливо однозначно сказати, як рухаються частинки в потоці. Для даної розрахункової схеми маємо наступні вихідні дані:

1) середня маса зернівки:

$$M_{\text{ср}} = \frac{M_{1000}}{1000}, \quad (2.1)$$

де M_{1000} - маса 1000 зерен, $M_{1000} = 12 - 75$ г. Для ячменю сорту Себастьян врожаю 2019 р це значення відповідає 42 г.

$$M_{\text{ср}} = \frac{42}{1000} = 0,042 \text{ г} = 4,2 \cdot 10^{-5} \text{ кг},$$

2) коефіцієнт тертя $f = 0,32$.

Диференціальне рівняння руху зернівки:

$$m_{\text{зерн}} \frac{d^2 x}{dt^2} = m_{\text{зерн}} g \sin \alpha - F_{\text{тр}}, \quad (2.2)$$

Сила тертя дорівнює $F_{\text{тр}} = fN$, нормальна реакція $N = m_{\text{зерн}}g\cos\alpha$, тоді $F_{\text{тр}} = fm_{\text{зерн}}g\cos\alpha$.

Диференціальне рівняння після скорочення на m і заміни $\frac{d^2x}{dt^2}$ на $\frac{dV_x}{dt}$ набуває вигляду:

$$\frac{dV_x}{dt} = g(\sin\alpha - f\cos\alpha), \quad (2.3)$$

Помноживши обидві частини рівняння на dt , підставивши початкові значення $t=0, V_x = V_0, X_0 = 0$ і двічі взявши інтеграл отримуємо рівняння для визначення швидкості руху зернівки по площині і її переміщення залежно від кута нахилу і коефіцієнта тертя.

$$V_x = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)t + V_0, \quad (2.4)$$

$$x = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)\frac{t^2}{2} + V_0t, \quad (2.5)$$

Отриманий кут нахилу можна визначити за графіком (рис. 2.5, 2.6), побудованим за формулами 2.1. і 2.2.

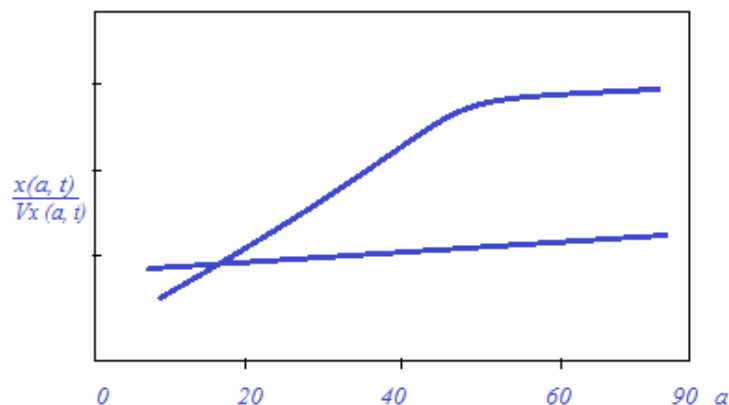


Рис. 2.5. Графік залежності переміщення і швидкості залежності від кута нахилу за час 0,5 с

Зазор між гумовими циліндричними поверхнями виставляють дещо меншим середньої товщини ядра. Плівки, що охоплюють ядро, стискаються в першу чергу, причому частина плівок, яка контактує з швидкохідним вальцем отримує зусилля зсуву, а друга частина плівок притиснутого зерна, що має малу швидкість руху отримує гальмівне зусилля. Під дією цих сил

зерно лущиться. Стискання ядра не повинно бути надмірним, щоб не була порушена цілісність ядра.

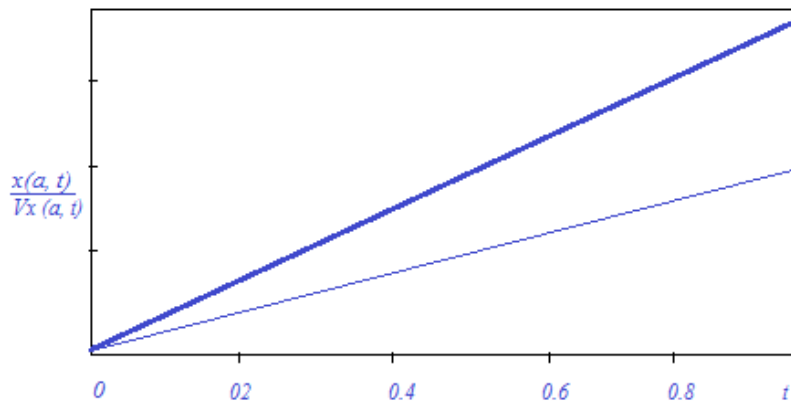


Рис. 2.6. Графік залежності переміщення і швидкості від часу, при $\alpha=30^\circ$

Щоб досягнути високого технологічного ефекту лущення, необхідно встановлювати режим роботи лущильних машин з врахуванням технологічних властивостей перероблюваної партії зерна та забезпечувати належний догляд за лущильним обладнанням. Правильна експлуатація лущильного обладнання забезпечує високі показники роботи даного обладнання. Необхідно слідкувати, щоб параметри робочих органів машин, та робочі зазори відповідали вимогам до перероблюваної культури, щоб зернистість наждака та абразивних робочих органів відповідала прийнятим нормам. При цьому необхідно забезпечувати їх обслуговування, повне завантаження і рівномірну подачу зерна в машину, надмірне перевантаження чи недовантаження призводить до зниження ефективності роботи машини; забезпечувати справність усіх деталей лущильної машини; своєчасно оновлювати абразивні поверхні робочих органів; замінювати зношено деталі.

Після оновлення робочих поверхонь обов'язково проводиться балансування робочих органів. Також необхідно забезпечити правильну і достатню аспірацію лущильних машин і своєчасну очистку повітропроводів.

2.3. Розрахунок теоретичної продуктивності лушильно-шліфувальної машини

Продуктивність (кг/год) обчислюється за формулою:

$$Q = \frac{3600 \cdot \gamma_0 \cdot V_{cp} \cdot F \cdot \varphi}{n}, \quad (2.6)$$

де γ_0 – об’ємна маса зерна ячменю, кг/м³; $\gamma_0=750$ кг/м³; V_{cp} - середня швидкість руху зерна ячменю у робочій зоні, м/с;

$$V_{cp} = \frac{H}{\tau}, \quad (2.7)$$

де H – висота робочої зони машини, м; $H = 0,4$ м; τ - час обробки продукту в робочій зоні, с; $\tau = 130$ с; F – площа робочого кільця, м²;

$$F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2), \quad (2.8)$$

де D – діаметр перфорованого циліндра, м; $D=0,27$ м; d – мінімальний діаметр, на якому починається обробка зерна, м; $d = 0,15$ м; φ - коефіцієнт наповнення робочої зони; $\varphi = 0,9$; n – кількість циклів ; $n = 1$

Середня швидкість руху продукту в робочій зоні, м/с буде рівна:

$$V_{cp} = \frac{0,4}{90} = 0,00435 \text{ м/с},$$

Продуктивність машини:

$$Q = 3600 \cdot 750 \cdot 0,00435 \cdot 0,04 \cdot 0,9 / 1 = 420 \text{ кг / год}$$

Отже ми бачимо, що продуктивність удосконаленої машини ЗШМ-3А складає 420 кг/год у порівнянні з продуктивність лушильно-шліфувальної машини базового варіанту ЗШМ-3А складає 400 кг/год за рахунок більш інтенсивній обробці зерна і використання повної поверхні робочих дисків.

Висновки по розділу 2

При проведенні багатокритеріального вибору видно, що за значеннями параметрів найбільш наближена до ідеалізованого варіанту конструкція лушильно-шліфувальної машини марки ЗШМ-3А, отже дана конструкція найбільш вигідна для впровадження в технологію обробки зерна. Продуктивність даної машини у порівнянні з базовою більша і складає 420 кг/год.

РОЗДІЛ 3

УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ЛУЩИЛЬНО-ШЛІФУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Вивчивши науково-технічні літературні джерела з дослідження впливу основних параметрів луцильно-шліфувальних машин різних конструкцій на якість обробленого матеріалу, а також енергоємність процесу в цілому і розробити математичну модель, виникла необхідність вирішити такі завдання в ході експериментальних досліджень:

Визначити невідомі величини, які входять в пропоновану математичну модель та експериментально перевірити адекватність запропонованої даної моделі процесу виготовлення крупи. Для вирішення поставлених завдань була розроблена програма проведення досліджень, що складається з наступних етапів:

- 1) обґрунтувати оптимальні параметри луцення і шліфування зерна ячменю при дослідженні впливу складу абразивного матеріалу лабораторної луцильно-шліфувальної машини;
- 2) провести експериментальні дослідження при різних режимах роботи лабораторної установки.

3.1. Основні характеристики і принцип роботи луцильно-шліфувальної машини

Експериментальна лабораторна луцильно-шліфувальна машина була розроблена і створена на підставі патентів і подальшого удосконалення конструкції, являє собою луцильно-шліфувальну машину ЗШМ-3А, модернізовану за схемою зображеною на (рис.3.1) даного розділу. Машина складається з корпусу, змонтованого на станині, в корпусі на підшипникових вузлах розміщений вал, до якого жорстко кріпляться абразивні диски.

У частині вала, на якій розміщені диски, знаходиться внутрішня порожнина з отворами в стінках вала. У корпусі машини знаходиться

впускний патрубок, який оснащений регулювальним клапаном. Машина приводиться в дію електродвигуном потужністю 11 кВт. Крутний момент від вала двигуна передається на вал машини за допомогою клинопасової передачі, яка дає можливість змінювати частоту обертання робочих дисків, за допомогою перестановки паса в відповідні канавки шківів [1].

Абразивні диски обертаються у внутрішній порожнині ситового циліндра, який жорстко закріплений в корпусі лушильно-шліфувальної машини [1].

В між дискових порожнинах змонтовані направляючі воронки із нахиленими гонками, закріпленими на їх внутрішніх і зовнішніх поверхнях. Нахил гонків рівний куту тертя зерна о матеріал гонка і вибраний таким чином, що при обертанні круга між його площиною і гонком утворюється клиновидна зона. Зерно, яке рухається разом з кругом, під дією нахилу гонка прижмається до площини абразивного круга збільшуючи тим самим силу взаємодії між робочими органами і матеріалом який обробляється.

Машина працює в такий спосіб. Знаючи зерно якої культури буде оброблятися, потрібно встановити паси на відповідну канавку шківів, щоб забезпечити рекомендовану частоту обертів робочих дисків (ячмінь 1500 хв^{-1} , пшениця 1200 хв^{-1}), для якісного виконання процесу лушення і шліфування. Вмикають електродвигун, при цьому в робочій порожнині не повинно бути оброблюваної продукції.

Після включення двигуна подають зерно в завантажувальний патрубок. Зерно направляється в зазор між абразивними дисками та верхнім направляючим диском. Пройшовши зазор зерно рухається від центра диска до його країв і інтенсивно обробляється абразивною поверхнею.

Зерно послідовно проходить робочі зони, обмежені горизонтальними поверхнями абразивних та направляючих дисків, між бічними поверхнями дисків та перфорованим циліндром.

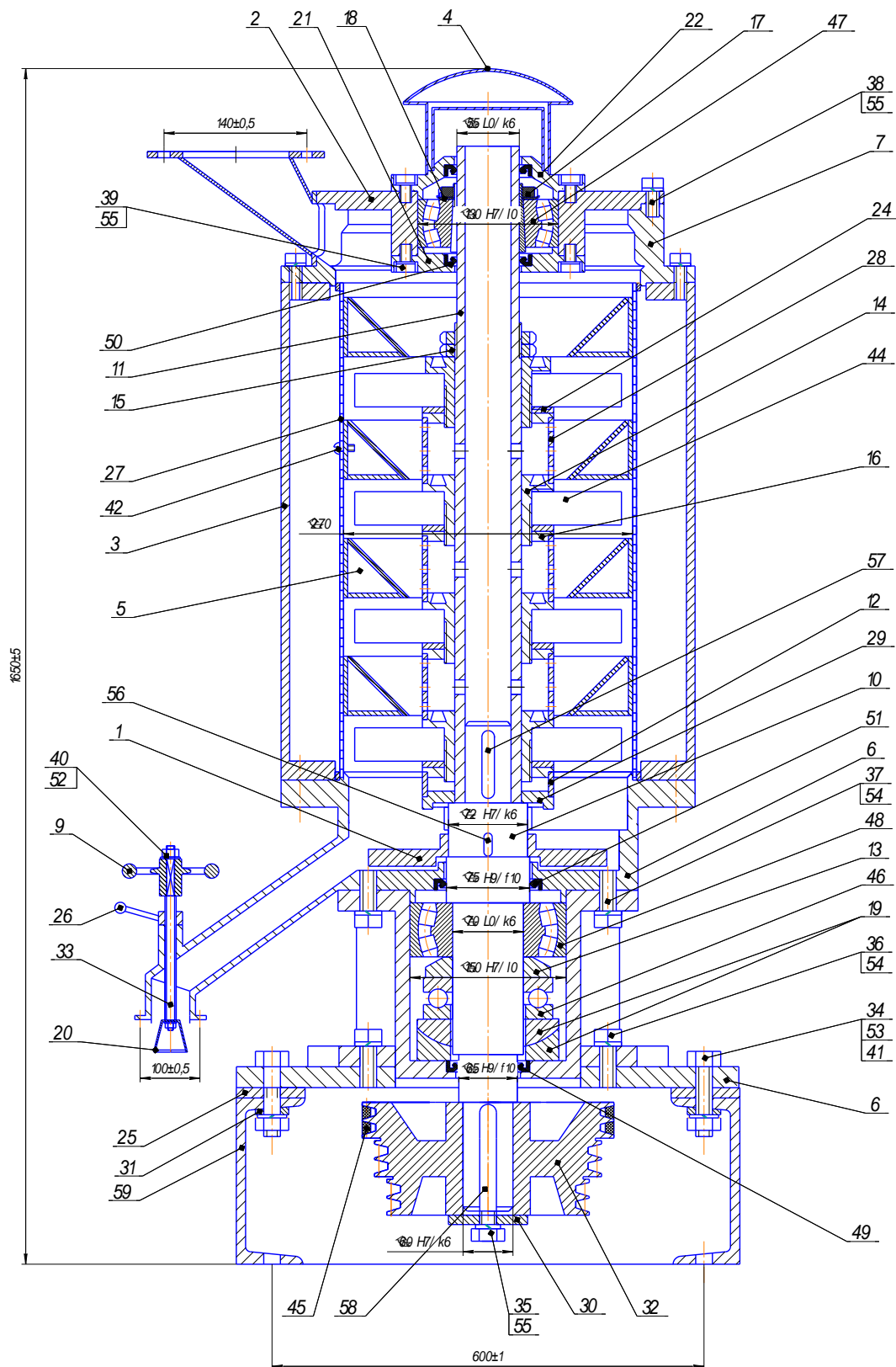


Рис. 3.3. Луцильно-шліфувальна машина: 1 – викидач, 2 – головка; 3 – каркас, 4 – кришка; 5 – конус; 6 – плита; 7 – опора верхня, 8 – опора нижня; 9 – штурвал; 10 – вал, 11 – вал пустотілий; 12,13,14- втулка; 15,16,17-гайка; 18 – кільце стопорне; 19- компенсатор; 20 – конус; 21, 22 – кришка; 23 – патрубок; 24 – прокладка; 25 – плат; 26 – ричав; 27, 28 – сітка; 29, 30, 31 – шайба; 32 – шків; 33 – штанга; 34-39 – болт; 40,41 – гайки; 42, 43 – гвинт;44-48 – підшипник; 49-51 – манжети; 52-55 – шайби; 56-58 –шпонки; 59-швейлер

Вихід продукції регулюється випускним клапаном конусного типу. За допомогою клапана регулюється час перебування зерна в робочій зоні машини, що забезпечує регулювання інтенсивності дії робочих органів машини на зерно.

Перевагою даної машини є те, що вона обладнана направляючими воронками із гонками. Нахил гонків під кутом тертя до горизонтальної поверхні кола, сприяє підтримці постійного по величині між зернового тиску і забезпечує підвищення інтенсивності обробки, стабілізацію технологічного ефекту відділення покривних тканин шляхом стирання їх об абразивну поверхню і раціональне використання всієї робочої поверхні круга [1].

Така форма і розміщення направляючих гонків забезпечує рух зерна в радіальному напрямку з однаковою величиною статичного опору як на верхні так і на нижні поверхні диска [1].

Також перевагою даної машини є те, що продукти луцення видаляються безпосередньо з зони обробки за допомогою струменів повітря, які рухаються від порожнини вала машини, через отвори в стінках, пронизують шар продукції, відбирають продукти луцення, виводять їх через ситовий циліндр до вихідного повітряного патрубку, звідки відсмоктується в аспіраційну систему [1]. Також для якісної обробки зерна великою мірою впливає частота обертання робочих дисків, яка залежить від культури зерна, і її можна регулювати, що передбачено запропонованою конструкцією луцильно-шліфувальної машини [1].

Таблиця 3.1 - Рекомендовані параметри роботи луцильно-шліфувальної машини

Культура	Колова швидкість дисків, м/с	Величина робочого зазору, мм	Час обробки при одноразовому пропуску, с
Ячмінь	20-22	15-18	12-13
Пшениця:			
тверда	16-18	10-11	12-25
мяка	14-16	10-11	10-25

3.2 Вибір плану експерименту

Найважливіше завдання, що виникає при плануванні експерименту - мінімізація числа дослідів [32].

Ієрархічні схеми взаємозв'язку параметрів і критерії оптимізації процесу луцнення (ПЛ), при дослідженнях першої та другої зони обробки можна інтерпретувати як «чорний ящик», на вході якого є фактори, у вигляді ($n_1, n_2, \Delta_1, \Delta_2$), а вихід характеризується параметрами M_1, N_1 , де N_1 – потужність (рис. 3.4.).

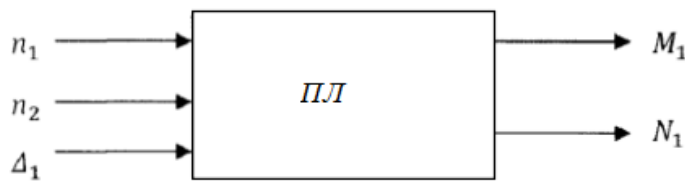


Рис. 3.4. Схем «чорного ящика» досліджуваного процесу

Зі збільшенням числа факторів, кількість необхідних для отримання математичної моделі дослідів зростає. Згідно рис. 3.4 схема «чорного ящика» досліджуваного процесу може бути представлена планом повного трьохфакторного експерименту. Однак, кількість дослідів, включаючи повторення, буде занадто велике.

Тому, схем експерименту (рис.3.4) може бути розбита на 1-схеми ($i=1 \dots n$), рис. 3.5., представлених планом двох факторного експерименту від факторів у вигляді n_1, n_2 при певному значенні фактора Δ (Δ_1 або Δ_2), в результаті чого, можна отримати відгук поверхні $M = f(n_1 n_2)$ з яких, потрібно вибрати оптимальну.

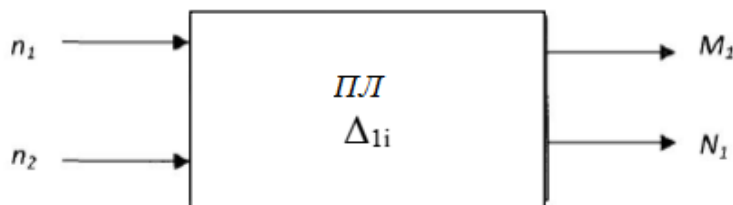


Рис. 3.5. Схема повного двохфакторного експерименту

Так як поставлена задача зводяться до того, щоб знайти значення факторів, які забезпечують оптимальні значення обраного критерію, то

вирішення цього завдання буде метод сканування, який передбачає повний перебір всіх можливих варіантів. Щоб їх число було кінцевим, метод повинен бути дискретним. Стосовно до двох факторного експерименту, то фактори $\Delta 1$ і $\Delta 2$ можуть набувати лише певні, для зручності – цілочисельні значення.

При використанні на етапах лушення і шліфування абразивних кругів з мілким складом абразивного матеріалу (№100 і №80), значно знижує вміст дробленого ядра в продуктах лушення (рис. 3.6) і мучки в продуктах шліфування (рис. 3.7), лузги мілкового подрібнення, що може бути використана для викорибництва кормових сумішей.

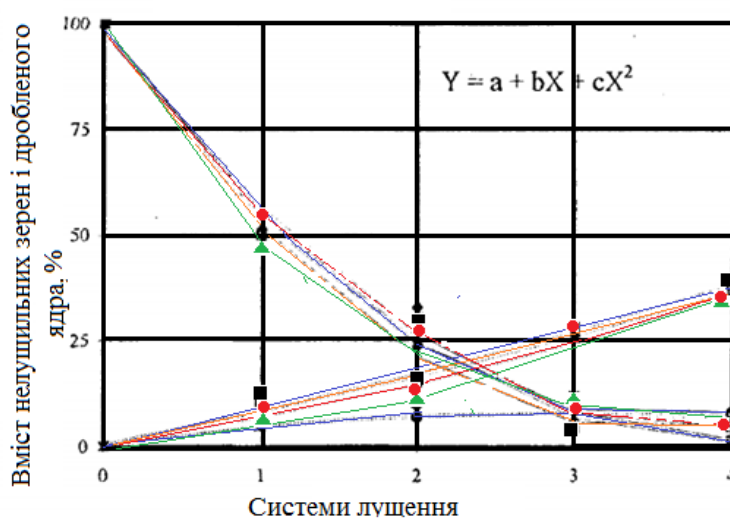


Рис. 3.6. Графік зміни вмісту нелущених зерен і дробленого ядра по системах лушення при різній зернистості робочих органів:

- нелущене зерно; ·····дроблене зерно
- - зернистість №160-60%; №125-40%;
- ▲ - зернистість №125-60%; №100-40%;
- - зернистість №100-60%, №80-40%;
- * - зернистість №80-50%, 50-50%.

Рівняння, адекватно описуюче процес зміни вмісту нелущених зерен по системах лушення при різній зернистості робочих органів має вигляд:

Контрольний варіант:	$y = 98.43 - 47.77x + 5.99x^2;$
Зернистість №160-50%, №125-50%;	$y = 98.42 - 49.44x + 6.38x^2;$
Зернистість №120-50%, №100-50%;	$y = 98.38 - 50.77x + 6.99x^2;$
Зернистість №100-50% №80-50%;	$y = 98.06 - 54.77x + 7.99x^2;$
Зернистість №80-50%, 50-50%	$y = 97.88 - 52.24x + 7.39x^2.$

Рівняння, адекватно описуюче процес зміни вмісту дробленого ядра за системою луцення при різній зернистості робочих органів мають вигляд:

Контрольний варіант:	$y = 0,73 - 6,84x + 0,55x^2;$
Зернистість №160-50%, №125-50%;	$y = 0,69 - 7,25x + 0,52x^2;$
Зернистість №120-50%, №100-50%;	$y = 0,62 - 6,78x + 0,74x^2;$
Зернистість №100-50% №80-50%,	$y = 0,66 - 4,64x + 0,71;$
Зернистість №80-50%, 50-50%	$y = 0,58 - 5,69x + 0,88x^2.$

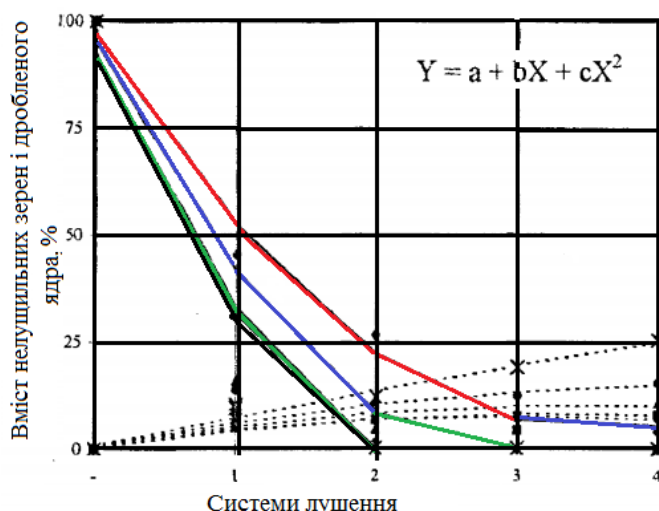


Рис. 3.7. Графіки зміни вмісту нелушених зерен і дробленого ядра по системі луцення в залежності від часу обробки

- нелушене зерно; ······дроблене зерно
- - тривалість обробки 20 с;
- - тривалість обробки 40;
- - тривалість обробки 60 с,
- * - тривалість обробки 80 с.

Рівняння, що адекватно описує процес зміни вмісту нелушених зерен по системах луцення при різній тривалості обробки:

Тривалість обробки 20 с:	$y = 98,145 - 49,98x + 7,38x^2;$
Тривалість обробки 40 с:	$y = 96,558 - 53,98x + 9,37x^2;$
Тривалість обробки 60 с:	$y = 94,43 - 67,87x + 11,97x^2;$
Тривалість обробки 80 с:	$y = 92,145 - 71,98x + 12,38x^2.$

Рівняння, адекватно описуюче процес зміни вмісту дробленого ядра по системах луцення при різній тривалості обробки має вигляд:

Тривалість обробки 20 с:	$y = 0,478 - 4,98x + 0,88x^2;$
Тривалість обробки 40 с:	$y = 0,452 - 4,42x + 0,81x^2;$
Тривалість обробки 60 с:	$y = 0,745 - 5,426x + 0,74x^2;$
Тривалість обробки 80 с:	$y = 0,841 - 6,102x + 0,59x^2.$

Досягнути високої ефективності лушення при визначеному оптимальному складі абразивного матеріалу вирішилось на двох системах лушення з тривалістю обробки зерна ячменю – 60-80 с, зерна пшениці – 30-50 с. Таким чином, в два рази зменшилась кількість луцильних систем, часу лушення і збільшилась реальна продуктивність луцильно-шліфувальної машини в середньому на 35%.

Для ефективного шліфування ячменю – 45-60 с; пшениці 25-45 с (рис. 3.8.).

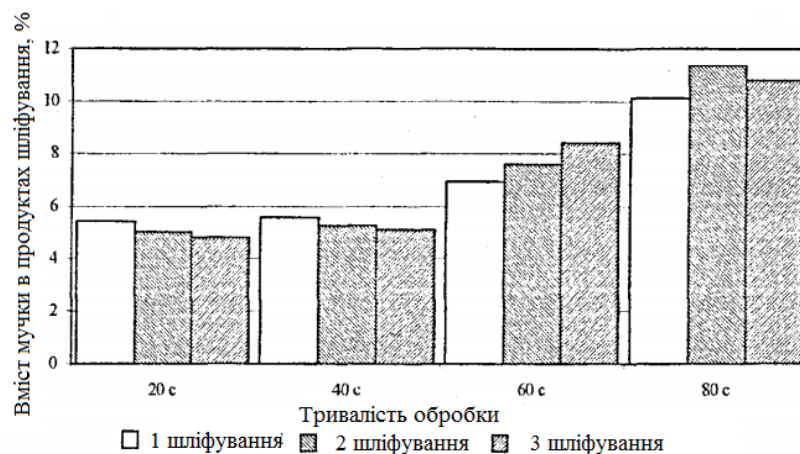


Рис. 3.8 – Діаграма вмісту мучки в продуктах шліфування в залежності від тривалості обробки

Використання оптимальних параметрів шліфування дозволяє в 1,5 рази скоротити кількість шліфованих систем, отримати збільшення виходу готової продукції високої якості, що дозволяє більш повно використовувати ресурси круп'яної сировини.

З метою визначення можливості виділення домішок в процесі лушення і шліфування був проведений аналіз забрудненості зерна, який показав, що основними забруднювачами є карлик і овсюк. Оцінка подільності зернової суміші до і після лушення показала, що виділення домішок, в тому числі і тяжковідділяємих буде проходити більш ефективно із лушеного ядра.

Експериментальні дослідження показали, що виділення домішок в процесі лушення і шліфування на луцильно-шліфувальній машині ЗШМ-3А більш ефективно здійснюється через отвори діаметром 2,3 мм – для мілкої фракції зерна ячменю і пшениці і через отвори діаметром 2,5 мм – для

крупної фракції (рис. 3.9). Визначення параметрів робочих органів луцильно-шліфувальної машини рекомендовані нами для виділення домішок в процесі обробки зерна за комбінованою схемою.

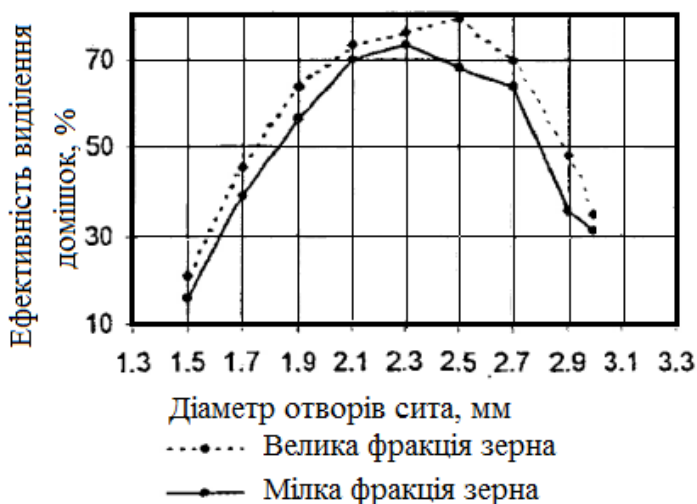


Рис.3.9 – Ефективність відділення домішок через отвори сита луцильно-шліфувальної машини ЗШМ-3А

В результаті поєднання операції виділення домішок з процесом луцення і шліфування значно скоротилось кількість зерноочисного обладнання. Таким чином, розроблена ресурсозберігаюча луцильно-шліфувальна машина дозволяє сільськогосподарським виробникам отримати високоякісну крупу розширеного асортименту з високим виходом готової продукції.

Висновки по розділу 3

На підставі патентної та науково-технічної літератури удосконалена конструкція експериментальної лабораторної луцильно-шліфувальної машини.

Розроблено програму та методику проведення експериментальних досліджень основних конструктивно-режимних параметрів луцильно-шліфувальної машини і проведені експерименти.

Проведені дослідження дозволили виявити і обґрунтувати можливість поєднання операцій луцення, шліфування та виділення домішок на даній машині.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз технологічних схем і технічних засобів для переробки зерна ячменю і пшениці.

2. При переробці ячменю і пшениці за єдиною технологічною схемою основними технологічними операціями є операції лушення і шліфування на удосконаленій лущильно-шліфувальній машині ЗШМ-3А.

3. Для опису технологічного процесу обробки зерна в лущильно-шліфувальній машині була розроблена математична модель, що демонструє закономірність зв'язку критеріїв оцінки якості обробленого матеріалу з конструктивно-режимними параметрами машини.

4. Обробка зерна проводилась у два етапи: перший – переважно лушення, другий – шліфування.

На першому етапі обробки повинні бути використані абразивні круги з крупністю абразиву №100-60 %, №80-40%, при цьому тривалість обробки складає для ячменю 60-80с, для пшениці 30-50 с.

При шліфуванні повинні бути використані абразивні круги з крупністю абразиву №80-50%, №50-50 %, при цьому тривалість обробки складає для ячменю 45-60с, для пшениці 25-45 с.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Венгер П.В. Ресурсозберігаюча технологія виробництва круп із зернових культур /П.В. Венгер, О.М. Сукманюк // Матеріали IV міжнародної науковопрактичної конференції «Біоенергетичні системи», 29 травня 2020 р. Житомир: Поліський національний університет, 2020. С. 177-180.
2. Моргунов В.А., Альджу М. Збагачені крупи. Харчова переробна промисловість. Одеса. 1993. №3. С. 23.
3. Таранин С.А., Яблоков А.Е. Оптимизация процесса шелушения ячменя в малогабаритном шелушителе. М.: Объединенный научный журнал, 2005. №22. С. 87-89.
4. Мельников Е.М. Технология крупяного производства. М.: Агропромиздат, 1991. – 207 с.
5. Гринберг Н.Е. Производство крупы. М.: Агропромиздат, 1986. — 103 с.
5. Бутковский В.А. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства. М.: Колос, 1981. — 256 с.
6. Егоров Г.А., Мельников Е.М., Максимчук Б.М. Технология муки, крупы и комбикормов. М.: Колос, 1984. — 376 с.
7. Технология крупяного производства [Текст] : [Учебник для техникумов системы хлебопродуктов СССР] / М. Е. Гинзбург, канд. техн. наук доц. ; Под ред. проф. д-ра Я. Н. Куприца. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Хлебоиздат, 1959. - 264 с.
8. Производство круп повышенной питательной ценности в СССР и за рубежом [Текст] / [А.Н. Зенкова, С.Н. Лопатинский, В.И. Кондратьев и др.]. - М. : ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1978. - 29 с.
9. Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. – М.: Колос, 1981. – 260 с.

10. Миронов П.А. Обоснование параметров рабочего процесса и рациональной схемы виброцентробежного сепаратора семян: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Харьков, 1985. – 322 с.
11. Мельников Е.М. Основы крупяного производства.-Х.: 1990. - 190с.
12. Панфилов В.А. (ред) Машины и аппараты пищевых производств. Кн.1 В 2 кн. Кн. I: Учеб. для вузов/ С.Т. Антипов, И.т. Кретов, А.Н. Остриков и др.; Под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. — М.: Высшая школа. , 2001. — 703 с.
13. Єгоров Б.В. Технологія виробництва комбікормів. - Одеса.: Друкарський дім, 2011. - 448 с.
14. Каминский В.Д., Остапчук Н.В. Производство крупы.-К.: Урожай, 1992-64с.
15. Технология и оборудование крупяного производства [Текст] / Я.М. Жислин. М. : Колос, 1966. 262.
16. Мерко И.Т. Технология мукомольного и крупяного производства. М. Агропромиздат, 1985, 288 с.
17. Эверс А., Келфкенс М., МакМастер Г. Определение зольности – полезный стандарт или пустая трата времени // Хранения и переработка зерна. – 2003ю - №9- с.40-46.
18. Johns G., Chemoff L. The globulin of buckwheat fagohyrum // J. Biol. Chem. -191 8.-N34.
19. Борискин М.А., Демский А.Б., Тамаров Е.В., Чернолихов А.С. Оборудование комбикормовых заводов. Справочник. М.: Агропромиздат, 1986. 175 с.
20. Соколов А.Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. Изд. 4-е, доп. и перераб. М.: Колос, 1975. 496 с.
21. Аммосова А.М. Исследование технологического процесса шелушения хлопковых семян: Дис. . канд. техн. наук М., 1963. 143 с.

22. Глебов Л.А. Интенсификация процесса измельчения сырья в производстве комбикормов: дис. ...д-ра техн. наук. М., 1990. 504 с.
23. Таранин А.В. Исследование процессов шелушения ячменя с целью создания малогабаритного шелушителя горизонтального типа: дис. ...канд техн. наук. М., 2005. 174 с.
24. Есин С.Б. Технология шелушения зерна крупяных культур в процессе гидротермической обработки : дис....канд. техн. наук. Барнаул, 1997. 159 с.
25. Гавриченко В.И. Организация и планирование производства на мукомольных, крупяных, комбикормовых и хлебоприёмных предприятиях.-М.: Колос, 1970.- 250с.
26. Патент 825142. Шелушительная машина для зерну. Гринберг Е.Н., Жизлин Я.М., Меркин А.З., Уральская Н.Г. Заявлено 13.04.79 Опубликовано 30.04.81. Бюллетень №16 от 10.05.81.
27. Механизация технологии и оборудование предприятий по глубокой переработке зерна / В.Н. Невзоров, М.А. Янова, Н.П. Братилова [и др.]//Международные научные исследования. – 2015.- №4.- С.15-21.
28. Совершенствование технологии подготовки зерна к помолу на малых предприятиях/ А.В. Анисимов, Ф.Я. Рудик, Б.П. Загородский. Mordvia University Bulletin. – Vol.28.no.2018. – С. 603-623.
29. Молчанов П.П. Математическое программирование в примерах и задачах: учеб. Пособие для студентов экон. спец. Вузов.-М.: Высш. шк.,1986.-319 с.
30. ДСТУ 3769-98 ЯЧМІНЬ Технічні умови ГОСТ України.
- 31 ДСТУ 3768:2010 ПШЕНИЦЯ Технічні умови ГОСТ України.
32. Грабар І.Г., Водяницький Г.П. Технологія та теорія наукових досліджень. – Житомир. – ЖНАЕУ.- 2014 – 280 с.

33. Ямпиров С.С. Технологическое и техническое обеспечение ресурсоэнергосберегающих процессов очистки и сортирования зерна и семян / С.С. Ямпиров, - Улан-Удэ.: ВСГТУ, 2003, - 115с.