

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**Навчально-науковий інститут харчових технологій**

**Кафедра технології зберігання і переробки зерна**

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

\_\_\_\_\_ Оксана КОЧУБЕЙ-  
ЛИТВИНЕНКО(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024р.

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Тетяна ЯНЮК  
(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024р.

**Кваліфікаційна робота**  
**на здобуття освітнього ступеня магістра**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 181 «Харчові технології» \_\_\_\_\_  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Технології зберігання і переробки зерна

на тему: Дослідження крупності пшеничної мучки після лущення

Виконав: студент 2 курсу, 6М групи

ЛІПІНСЬКИЙ Олександрович Юрійович

Керівник ХАРЧЕНКО Євген Іванович

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(підпис)

Засвідчую, що в цій дипломній  
роботі немає запозичень із праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2024 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології зберігання і переробки зерна

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 181 «Харчові технології»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Технології зберігання і переробки зерна

(назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

**В. о. завідувача кафедри**  
технології зберігання і  
переробки зерна

Тетяна ЯНЮК

“ ” 2024 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ліпінський Олександр Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження крупності пшеничної мучки після лущення»

керівник роботи Харченко Євген Іванович, к.т.н., доцент кафедри,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “06” 11 2023 року № 906-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 10 лютого 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: показники роботи підприємства з виробництва круп подрібнених з м'якої пшениці продуктивністю 168 т/год.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 25.10.2023

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	30.10.2023	
2	РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	10.11.2023	
3	РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	01.12.2023	
4	РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	31.12.2023	
5	РОЗДІЛ 5. МЕНЕДЖМЕНТ ЯКОСТІ	31.01.2024	

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Олександр ЛІПІНСЬКИЙ  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Євген ХАРЧЕНКО

## АНОТАЦІЯ

Тема: Дослідження крупності пшеничної муки після лушення

Мета: Дослідити вплив режимів лушення на крупність пшеничної муки та розробити технологічну схему переробки зерна в крупи з урахуванням отриманих результатів.

Методи дослідження: Аналіз літературних джерел; Лабораторні дослідження: Визначення показників якості пшениці; Вивчення впливу тривалості лушення, зернистості абразивних кругів та вологості зерна на крупність муки; Розрахунок технологічного обладнання.

Результати: Встановлено, що крупність пшеничної муки після лушення залежить від тривалості лушення, зернистості абразивних кругів та вологості зерна.

Наукова новизна: Досліджено вплив режимів лушення на крупність пшеничної муки.

Значення: Результати досліджень можуть бути використані для оптимізації режимів лушення пшениці та виробництва пшеничної муки з заданими характеристиками.

Ключові слова: пшениця, лушення, мука, крупність, технологічна схема, НАССР.

Обсяг роботи: 67 сторінки.

## **ANNOTATION**

**Topic:** Study of the grain size of wheat flour after dehusking

**Purpose:** To investigate the effect of husking regimes on the coarseness of wheat flour and to develop a technological scheme for processing grain into groats taking into account the obtained results.

**Research methods:** Analysis of literary sources;

**Laboratory studies:** Determination of wheat quality indicators; Study of the influence of the duration of peeling, the grain size of the abrasive wheels and the moisture content of the grain on the coarseness of the flour; Calculation of technological equipment.

**Results:** It was established that the coarseness of wheat flour after dehusking depends on the duration of dehusking, the grain size of the abrasive wheels and the humidity of the grain.

**Scientific novelty:** The effect of peeling regimes on the coarseness of wheat flour was studied.

**Significance:** The results of the research can be used to optimize wheat husking regimes and wheat flour production with given characteristics.

**Key words:** wheat, husking, flour, coarseness, technological scheme, HACCP.

**Volume of work:** 67 pages.

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
Розділ 1 .....	10
Аналітичний огляд літератури .....	10
1.1.Технологічні особливості зерна пшениці .....	10
1.2.Лущення зерна в технологіях переробки зерна .....	11
1.3.Ефективність лущення зерна .....	13
1.4.Фактори, які впливають на процес лущення .....	14
1.5.Мучка – як об’єкт досліджень процесу лущення .....	15
Висновки до розділу 1.....	16
Розділ 2 .....	17
Об’єкти та методи дослідження .....	17
2.1.Об’єкт і предмет досліджень .....	17
2.2.Підготовка зерна пшениці перед дослідженнями.....	17
2.3.Методика проведення досліджень.....	19
2.4.Математична обробка експериментальних даних .....	22
Висновки до розділу 2.....	23
Розділ 3 .....	24
Експериментальна частина .....	24
3.1.Визначення показників якості пшениці .....	24
3.2.Вплив тривалості лущення зерна пшениці на середній розмір частинок мучки.....	24
3.3.Вплив зернистості абразивних кругів на середній розмір частинок мучки .....	29
3.4.Вплив вологості зерна пшениці на середній розмір частинок мучки .....	32
Висновки до розділу 3.....	35
Розділ 4 .....	36
Технологічна частина.....	36
4.1.1 Наукове обґрунтування технологічного процесу виробництва круп подрібнених з м’якої пшениці .....	36
4.1.2.Опис технологічної схеми виробництва круп .....	37
4.2.Розрахунок обладнання.....	40
4.2.1.Розрахунок місткості бункерів для неочищеного зерна.....	40
4.2.2.Розрахунок технологічного обладнання зерноочисного відділення .....	41

4.2.3.Розрахунок кількості технологічного обладнання луцильного відділення .....	43
Висновки до розділу 4.....	46
Розділ 5 .....	47
Соціально-економічна значущість .....	47
5.1.Історія створення НАССР .....	47
5.2.Принципи НАССР .....	48
5.3.12 кроків впровадження системи НАССР на підприємстві .....	49
Висновки до розділу 5.....	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	59
Список використаної літератури.....	61
ДОДАТКИ .....	63

## **Вступ**

**Актуальність теми.** Процес лущення зерна пшениці є одним із складних та енергоємних операцій в технологіях переробки зерна в борошно та крупи із за цього лущення зерна є великою науковою проблемою в технологіях переробки зерна.

Більшість досліджень процесу лущення орієнтовані на встановлення впливу різних параметрів процесу на його ефективність та якість. Дослідженню мучки значної уваги не приділялося. Мучка є побічним продуктом процесу лущення зерна в процесі його переробки в борошно та крупи. В суміжних галузях народного господарства, а саме в обробці металів шліфуванням, стружка, яка також є побічним продуктом процесів шліфування, дає дослідникам основну інформацію щодо протікання цих процесів.

Виходячи із вищесказаного, дослідження мучки, яка утворюється в процесі лущення зерна при різних параметрах процесу лущення, можуть збагатити знання та розуміння протікання процесу лущення зерна.

**Метою досліджень** полягає встановленні закономірностей зміни крупності мучки в процесі лущення зерна пшениці.

На основі поставлено мети досліджень сформульовано наступні завдання:

- дослідити вплив тривалості лущення на зміну середньозваженого розміру частинок мучки;
- дослідити вплив швидкості обертання абразивних кругів лущильника на зміну середньозваженого розміру частинок мучки;
- дослідити вплив зернистості абразивних кругів лущильника на зміну середньозваженого розміру частинок мучки;
- дослідити вплив вологості зерна пшениці на зміну середньозваженого розміру частинок мучки;
- провести математичну обробку експериментальних даних;
- розробити технологію лущення зерна пшениці.

**Наукова новизна** полягає у встановленні закономірностей зміни середньозваженого розміру частинок мучки в процесі лущення зерна пшениці в залежності від тривалості лущення, швидкості обертання абразивних кругів, їх зернистості та вологості зерна пшениці.

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані результати дають уявлення щодо крупності утвореної мучки при застосування абразивних кругів різної зернистості в процесі лущення зерна пшениці.

**Особистий внесок магістранта** полягає у особистому плануванні та проведенні досліджень, аналізі літературних та інтернет-джерел. Отримані результати досліджень обговорювалися із науковим керівником.

**Структура та об'єм роботи.** Кваліфікаційна робота складається із вступної частини, 5 розділів, висновків та списку використаних джерел. Пояснювальна записка викладена на 69 сторінках машинописного тексту, має 10 рисунків, 4 таблиці. Список використаних літературних джерел включає 15 бібліографічних джерел.

## Розділ 1 Аналітичний огляд літератури

### 1.1. Технологічні особливості зерна пшениці

Процес переробки зерна в борошно та крупи направлений на розділення головних анатомічних частина зерна. Це пояснюється тим, що одні із них небажані в готовій продукції, а інші складають основу борошна та круп. У зв'язку із цим виникає проблема якими засобами і з якими витратами це розділення можна здійснити, а також скільки і якої якості продукції можна отримати.

Анатомічна будова зерна здійснює вплив на багато різних фізичних показників, які використовуються при розгляді зерна як об'єкту транспортування, зберігання, сушіння та переробки. В анатомічній будові зерна можна виділити три основних частини, які розділяють в технології переробки зерна: ендосперм, зародок і оболонки. Ступінь їх розділення залежить від рівня технології і визначається вимогами до асортименту і якості готової продукції. В практичній технології оболонки, алейроновий шар і зародок потрапляють в борошно, а частина ендосперму потрапляє у висівки. Видалення оболонок, алейронового шару і зародку диктується особливістю технології і будовою зерна.

Технологічні властивості зерна суттєво змінюються в залежності від мікроструктури ендосперму. У крупного зерна пшениці більше середньозважений розмір крохмальних гранул, у скловидного зерна в порівнянні із борошністим більше прикріпленого і проміжного білку.

Кожна частина зернівки має складну будову. Кількісне співвідношення складових частин зерна має велике технологічне значення. В зерні пшениці на частку ендосперму приходить від 80 до 84 %; зародку – від 1,4 до 3,2 %; алейронового шару - від 6,8 до 8,8 %; плодкових і насінневих оболонок – від 5,6 до 8,9 %.

Зерно має складну хімічну будову. Воно складається із багатьох життєво необхідних для людини речовин. Усі речовини, які входять до складу

зернових, бобових і олійних культур поділяють на дві великі групи: органічні та неорганічні речовини.

До органічних речовин відносяться білки, вуглеводи, ліпіди, вітаміни, пігменти, ферменти, нуклеїнові кислоти тощо. До неорганічних речовин відносяться мінеральні речовини та вода.

Вода має велике і важливе технологічне значення при зберіганні і переробці зерна. У вологому зерні значно посилюються дихання та інші біохімічні процеси, що призводить до втрати сухої маси і швидкому погіршенню якості зерна. Волога нерівномірно розподілена між різними частинами зерна і знаходиться у рухомому рівноважному стані.

Плоди і насіння зернових культур багаті на мінеральні речовини. Одні із них знаходяться в клітинах у вигляді розчинів, інші входять до складу органічних речовин. До мінеральних речовин відносяться речовини, які входять до складу золи, яка утворюється в результаті повного згорання продукту при високій температурі. Зола складає від 1,5 до 3,0 % від маси зерна. Кількість мінеральних речовин в зерні коливається в залежності від ґрунтово-кліматичних умов, добрив, виду і сорту рослин. Більша частина мінеральних речовин міститься у периферійних шарах зерна (оболонках) і зародку.

## **1.2. Лушення зерна в технологіях переробки зерна**

Обробка поверхні зерна і ядра є складовою частиною технологічного процесу виробництва борошна і круп. Обробка поверхні здійснюється із різною інтенсивністю і має різну направленість в залежності від етапу технологічного процесу.

Інтенсивність впливу в різних умовах диктується задачами процесу. Так, при підготовці до помелу пшениці в процесі сухої обробки поверхні зерна масова частка видаляємо поверхневого шару не перевищує 0,3...0,5 % від кількості зерна, яке направляється на переробку. Вибір способу впливу на зерно диктується характером і міцністю зв'язків периферійних частин, які

видаляються. Найбільш ефективно для обробки поверхні зерна використовується абразивний вплив.

Лущення зерна – це більш глибока обробка поверхні зерна метою якої є відділення плодових та насінневих оболонок. Лущення зерна повинно бути проведене із мінімальним подрібненням ядра.

В основі способу лущення лежать особливості будови зерна, показники структурно-механічних властивостей зерна і ступінь зв'язку із ядром анатомічних частин.

В залежності від принципу механічного впливу, конструкція робочих органів лущильних машин, характеру деформацій, які утворюються, способи лущення класифікують на чотири основні групи. До першої групи відносять спосіб лущення, в якому переважаючим впливом є стиск і зсув. Таким способом лущать зерна, у якого зовнішні оболонки не зростаються із ядром. До другої групи відносять спосіб лущення, в основі якого лежить багаторазовий удар і супутні фрикційні впливи об металеву поверхню. Таким способом лущать зерно, яке має достатньо міцне ядро, глибоко проникаючи борізду, що ускладнює відділення зовнішніх оболонок. До третьої групи відносять спосіб лущення, в основі якого лежить одноразовий удар о металеву поверхню, що приводить до руйнування зв'язків оболонок і ядра. Таким способом лущать овес, у якого квіткові плівки не зростаються із ядром. До четвертої групи відносять фрикційно-стираючий спосіб лущення, в основі якого лежить контактне тертя поверхні зерна об абразивну поверхню. Таким способом лущать зерно, у яких зовнішні оболонки міцно зв'язані із анатомічними шарами зерна. Цей спосіб лущення реалізується у лущильних машинах із абразивним ротором і решітною декою.

Лущення зерна використовують переважно у технологіях круп'яного виробництва. Рідше використовують у борошномельній галузі при підготовці зерна до помелу. В комбікормовій галузі використовують лущення в процесі

переробки зерна вівса та ячменю при виробництві комбікормів, які виробляються для тварин та птиці, які не перетравлюють клітковину.

### **1.3.Ефективність лушення зерна**

Технологічний процес лушення необхідно здійснювати із певною інтенсивністю. Це означає, що в результаті лушення повинна збільшувати кількість лушених зерен і зменшуватися кількість нелушених зерен. При цьому в продуктах лушення накопичується лузга або мучка, кількість якої пропорційна масі зовнішніх оболонок, які видаляються. В дійсності під впливом робочих органів машин відбувається інтенсивне руйнування як відокремлюваних зовнішніх оболонок, так і ядра. При цьому в продуктах лушення будуть накопичуватися подрібнені частинки ядра і борошністі частинки, які є побічним продуктом, тобто менш цінним ніж саме ядро. Чим більше буде накопичуватися таких продуктів, тим менш ефективно буде проводитися операція лушення.

За міру ефективності або за кількісну міру ведення процесу лушення прийнята відносна кількість лушених зерен, які утворилися за одноразовий прохід через дуцильну машину. Цей показник називають коефіцієнтом лушення. Коефіцієнт лушення добре виражає ефективність лушення для тих культур (гречка, просо, овес), для яких можливо чітко відокремити лушені та не лушені зерна.

Для зернових культур, у яких оболонки міцно зрослися із ядром (пшениця, ячмінь, горох тощо) під час лушення утворюються частково лушені зерна, які неможливо віднести ані до лушених, ані до нелушених. З метою оцінки ефективності лушення таких зернових культур, було запропоновано індекс лушення, який виражає відносну масу лушених зерен, які утворилися в процесі лушення при одноразовому проході через луцильну машину.

#### **1.4. Фактори, які впливають на процес лущення**

На технологічний ефект лущення здійснюють вплив як властивості самого зерна, так і умов його лущення, тобто вид машини і як вона задіяна в технологічному процесі. Виходячи із цього усі фактори, які впливають на ефективність лущення можна поділити на дві групи:

- фактори, які залежать від якості зерна;
- фактори, які визначаються видом лущильного обладнання і умовами його експлуатації.

Фактори, які пов'язані із особливостями перероблюваного зерна:

1. Фізичні властивості зерна: крупність, вирівняність, виповненість.
2. Вологість і ступінь її наближення до оптимальної.
3. Структурно-механічні властивості зерна: міцність зерна, ядра, оболонки, міцність зв'язків між оболонками та ядром.
4. Особливості анатомічної будови і форми.
5. Умови проведеної гідротермічної обробки зерна.

Вплив фізичних властивостей зерна на ефективність лущення добре відомий. Крупне зерно лущиться легше і з меншими витратами електроенергії, ніж дрібне зерно. У дрібного зерна більш міцніші зв'язки оболонки із ядром. Як правило, при лущенні неvirівняного за розмірами зерна нелущеними залишаються дрібні зерна.

Вологість зерна суттєво впливає на показники процесу лущення. Існує поняття оптимальної вологості зерна, при якій досягається оптимальні технологічні властивості. Для пшениці така вологість становить 14,5...15,0 %. Гідротермічна обробка зерна суттєво змінює властивості анатомічних частин зерна.

Друга група факторів, які впливають на ефективність лущення, пов'язана із особливостями використовуваного технологічного обладнання і виробничими умовами його застосування.

Усі наведені фактори необхідно враховувати під час ведення технологічного процесу і багатогранність вказаних факторів створює складність математичного опису процесу луцення із-за того, що необхідно враховувати багато різноманітних факторів.

В процесі досліджень на лабораторних установках всі вище згадані фактори також будуть впливати на процес луцення. Їх також треба брати до уваги під час планування досліджень.

### **1.5. Мучка – як об'єкт досліджень процесу луцення**

В процесі луцення зерна пшениці утворюється частково лущене зерно, незначна кількість оболонки та мучка. Мучка являє собою суміш тонкоподрібнених частинок як поверхневих шарів зерна так і ендосперму.

Усі основні дослідження, які виконані за останні роки стосувалися переважно кількісних та якісних сторін процесу луцення пшениці і пов'язані переважно із ядром. Мучка, яка утворюється в процесі луцення є побічним продуктом і дослідженням не піддавалася.

Слід відмітити, що подібні процеси, в яких використовуються для обробки абразивні круги, використовуються в ряді інших технічних галузях. В обробці металів різанням також використовуються процеси, які називаються шліфування і мають деякі схожі риси. В цій галузі зроблені значні успіхи і досягнення для розкриття суті процесу. Саме важливе є те, що більшість досліджень ґрунтується на вивченні так званої стружки.

В технологіях різання металів, стружка, яка утворюється є відходами виробництва і несе основну інформацію щодо закономірностей фізичних явищ, які відбуваються при різанні та їх зв'язків з умовами процесу різання, які характеризують властивості оброблюваного металу, геометрією інструменту, режимами різання та іншими параметрами.

При шліфуванні металів зі збільшенням швидкості абразивних кругів товщина стружки, яка зрізається кожним зерном, зменшується пропорційно

швидкості обертання абразивного круга. Для технологій переробки зерна такі залежності також мають велике значення із-за того, що в луцильних машинах діаметр абразивних кругів може бути різним і як буде змінюватися ефективність луцення – це питання залишається відкритим.

Екстраполюючи на технології переробки зерна, мучка це є саме той продукт, який в шліфуванні металів називають стружкою і також є в певній мірі відходами виробництва. Тому виникає закономірне питання, які висновки і закономірності можна зробити при дослідженні саме мучки як об'єкту дослідження. Усі вищезгадані фактори, які впливають на процес луцення так само можуть впливати і на утворення мучки. Іншими словами зміна характеристики мучки в процесі луцення буде відображати зміну параметрів і умов луцення.

Найбільш важливими параметрами луцення є тривалість обробки зерна, швидкість обертання абразивних кругів та їх зернистість, а також вологість зерна. Тому саме ці фактори мають детально досліджені. Найбільш простою характеристикою мучки з огляду її фізичного стану є характеристика, яка відображає її крупність. Крупність сипких продуктів можна оцінити через середньозважені розміри частинок сипкого продукту.

### **Висновки до розділу 1**

1. Розглянуто основні технологічні властивості зерна.
2. Описано процес луцення та фактори, які на нього впливають.
3. Показано необхідність дослідження мучки з огляду отримання додаткової інформації щодо процесу луцення зерна пшениці.
4. Виділено основні фактори, які можуть впливати на характеристики мучки.

## **Розділ 2**

### **Об'єкти та методи дослідження**

#### **2.1.Об'єкт і предмет досліджень**

Об'єктом досліджень є технологія луцення зерна пшениці в борошномельній та круп'яній галузях.

Предметом досліджень – вплив різних факторів луцення на крупність частинок мучки зерна пшениці.

#### **2.2.Підготовка зерна пшениці перед дослідженнями**

На початку досліджень не очищене зерно пшениці піддавали очищенню в лабораторному зерноочисному сепараторі ЗЛС від усіх можливих органічних та неорганічних домішок. Для усунення впливу крупності пшениці на ефективність його луцення, зерно розділяли на фракції в зерноочисному сепараторі ЗЛС. З цією метою використовувалися решітні полотна  $3,0 \times 20$  мм,  $2,4 \times 20$  мм та  $1,8 \times 20$  мм, якими обладнано зерноочисний лабораторний сепаратор ЗЛС. Проходом решітного полотна  $3,0 \times 20$  мм та сходом решітного полотна  $2,4 \times 20$  мм виділяли середню фракцію, яку в подальшому використовували для проведення досліджень.

Після виділення фракції зерна пшениці для досліджень, її в подальшому пропускали через лабораторний аспіраційний канал із шириною 60 мм для виділення із пшениці легких домішок та дрібних битих ядер. Схему підготовки зерна пшениці для досліджень наведено на рис. 2.1.

В очищеному зерні пшениці визначали основні показники якості: вологість зерна, натуру зерна, скловидність, масу 1000 зерен, масу 1000 зерен на суху речовину. Показники якості зерна пшениці визначали за загальноприйнятими методиками.

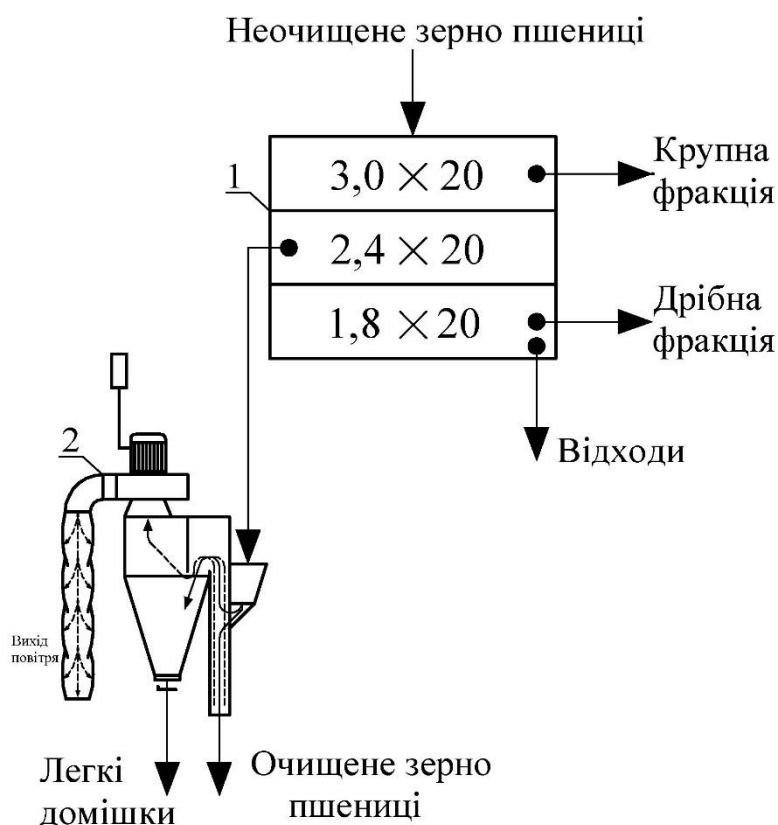


Рис. 2.1 Схема підготовки зерна пшениці для досліджень: 1 – лабораторний зерноочисний сепаратор ЗЛС; 2 – лабораторний аспіраційний канал.

Для визначення натури зерна використовували літрову пурку ПХ-2 («ОЛИС», Україна) відповідно до стандарту ISO 7971-3:2009(E). «Cereals – Determination of bulk density, called mass per hektolitre».

Масу 1000 зерен пшениці визначали відраховуючи 1000 цілих зерен від загальної маси очищеного зерна, відповідно до стандарту ISO 520:2010. «Cereals and pulses – Determination of the mass of 1000 grains».

Для визначення скловидності зерна пшениці використовували діафаноскоп ДСЗ-3 («ОЛИС», Україна), у відповідності до стандарту ГОСТ 10987-76 «Зерно. Методы определения стекловидности».

Вологість зерна пшениці визначали шляхом висушування подрібненого зерна пшениці протягом 60 хв. при температурі 130 °С в сушильній шафі

СЕС-3М, у відповідності до стандарту ISO. 712:2009(E). «Cereals and cereal products. Determination of moisture content».

### **2.3.Методика проведення досліджень**

Підготовлене зерно пшениці лушили в лабораторному луцильнику УЛЗ-1 («ОЛИС», м.Одеса, Україна). Лущене ядро в подальшому очищали в лабораторному аспіраційному каналі, зважували і розраховували індекс лушення. Лушення проводили при тривалості обробки 20, 40, 60, 80 та 100 с. Дослідженням піддавали режим лушення при швидкості обертання абразивних кругів при 1500 об/хв та 2500 об/хв. Вивчався вплив зернистості абразивних кругів на крупність мучки. З цією метою змінювали зернистість кругів, яка становила 40, 60 та 80 од. при цьому вологість пшениці, її крупність і скловидність залишалася незмінною, а швидкість обертання становила 1500 об/хв. Індекс лушення визначали за методикою, яку наведено в джерелі [12]. Розраховувався індекс лушення за формулою:

Індекс лушення розраховували за наступною формулою:

$$I_n = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \quad (2.1)$$

де  $m_1, m_2$  – відповідно маса зерна до та після лушення, г.

Утворену в процесі лушення мучку збирали в окремі ємності з урахуванням тривалості лушення. Зібрані зразки просіювали на наборі стандартних лабораторних сит, утворені окремі фракції мучки з кожного сита зважували і розраховували середньозважену крупність мучки. Загальну схему досліджень наведено на рис. 2.2.

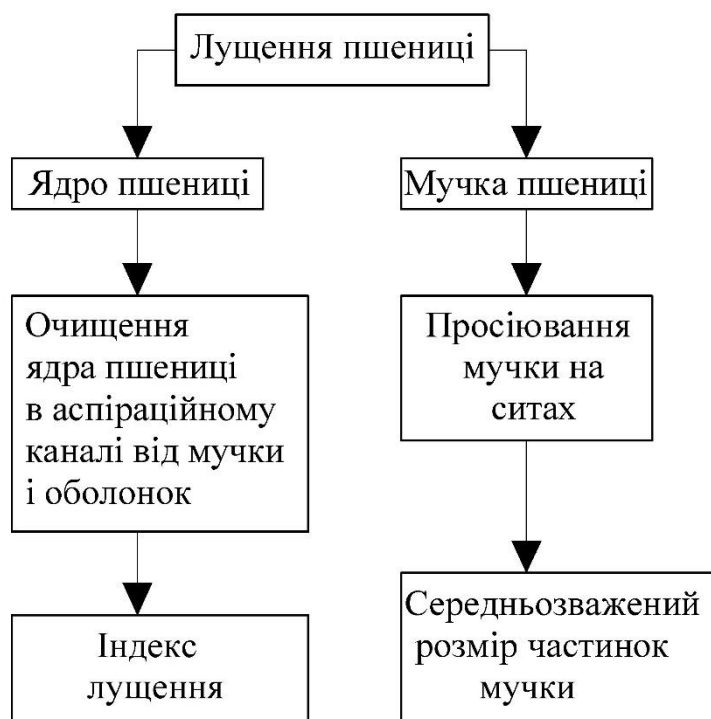


Рис. 2.2. Загальна схема обробки продуктів лущення.

Для усунення можливості змішування частинок мучки різної тривалості лущення, після кожного досліду лущильник очищали спочатку щіткою, а потім побутовим пилососом.

Просіювання мучки здійснювалося на наборі стандартних лабораторних сит із модулем сита близька до  $\approx 1,21$ , використовуючи лабораторний розсійник РЛУ-1 («ОЛИС», м.Одеса, Україна). В табл. 2.1 наведено розміри отворів сит, які використано для просіювання.

Тривалість просіювання зразків становив 7 хв. Після просіювання сита знімалися із лабораторного розсійника, проводилося постукування по стінках обичайок з метою струшування прилиплих частинок зі стінок і повторно проводилося просіювання з використанням розсійника. Так проводилося до 5 разів із кожним зразком з метою найбільшого розділення частинок різної крупності.

Таблиця 2.1 – Характеристика лабораторних сит.

№ п/п	Номер сита	Розмір отворів сита, мкм
1	0,045	45
2	0,056	56
3	0,071	71
4	0,09	90
5	0,112	112
6	49/52	132
7	41/43	160
8	33/36	200
9	27ПА-120	250
10	22,7ПЧ-150	300
11	17,5ПЧ-180	390
12	15,5ПЧ-200	450
13	12,5ПЧ-240	560
14	11ПЧ-240	670
15	9,3ПЧ-270	800
16	1,0	1000

Середньозважений розмір частинок мучки визначали за формулою середньозваженого.

$$A = \frac{a_1 Q_1 + a_2 Q_2 + \dots + a_n Q_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n} \quad (2.2)$$

де,  $a_1, a_2, \dots, a_n$  - відповідна крупність виділеної фракції;  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  - вихід окремих фракцій, %.

Результати досліджень подавали в графічному вигляді, на основі чого робили відповідні висновки.

Досліджувався також вплив вологості зерна пшениці, швидкості обертання абразивних кругів та їх зернистості на середньозважений розмір частинок мучки за вище наведеною методикою.

Під час дослідження впливу вологості на крупність мучки, перед лущенням зерно пшениці зволожували і витримували протягом доби. Кількість води, яку додавали до зерна пшениці розраховували за формулою, яку наведено в джерелі [12]:

$$G_s = G_3 \left( \frac{W_1 - W_0}{100 - W_1} \right), \quad (2.3)$$

де  $G_s$ ,  $G_3$  – відповідно маса води та маса зерна, г;  $W_0$ ,  $W_1$  – відповідно вологість зерна початкова та задана, %.

При дослідженні впливу швидкості обертання абразивних кругів на середньозважений розмір мучки, швидкість обертання змінювали шляхом перекидання ременя луцильника з одного шківця на інший.

#### **2.4. Математична обробка експериментальних даних**

Математичну обробку експериментальних даних здійснювали із використанням програмного забезпечення MSExcel, що прискорило та спростило виведення математичних залежностей. За допомогою програмного забезпечення отримували математичні залежності та коефіцієнти детермінації  $R^2$ . Масу отриманих фракцій мучки переводили у «відсотки», після чого визначали середньозважений розмір суміші частинок мучки.

Усі результати досліджень подавалися в координатах «тривалість лушення – середній розмір частинок», а також «індекс лушення – середній розмір частинок». На основі отриманих залежностей здійснювали висновки про характер зміни середнього розміру мучки від тривалості лушення та від індексу лушення.

На основі отриманих значень будувалися диференціальні та інтегральні криві крупності мучки.

При визначенні показників якості зерна, розраховувався інтервал надійності за наступною методикою.

Середнє значення експериментальних даних показників якості розраховували за формулою:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (2.4)$$

де  $\sum_{i=1}^n y_i$  – сума значень отриманого, які отримано в результаті аналізу;

$n$  – сумарна кількість повторностей досліджуваного показника.

Дисперсія визначалася за такою формулою:

$$S_{yk}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_k - \bar{y})^2}{n-1} \quad (2.5)$$

Стандартне відхилення розраховували за формулою:

$$S_{yk} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_k - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (2.6)$$

Стандартне відхилення розраховували за формулою:

$$S_{\bar{y}} = \frac{S_{yk}}{\sqrt{n}} \quad (2.7)$$

Величину помилки  $\varepsilon_{\bar{y}}$  визначали використовуючи критерій Стюдента і його табличні значення. З цією метою знаходили табличне значення  $t$ -критерія Стюдента із довідкових джерел при інтервалі надійності  $\alpha = 0,95$  та ступені вільності  $f = n-1$ . Величину помилки визначали за такою формулою:

$$\varepsilon_{\bar{y}} = t \cdot S_{\bar{y}} \quad (2.8)$$

де  $t$  – табличне значення критерія Стюдента знайдене із довідкових джерел.

Кінцевий результат подавали в такому вигляді:

$$\bar{y} \pm \varepsilon_{\alpha} \quad (2.9)$$

### Висновки до розділу 2

1. Визначено методики аналізу показників якості зерна пшениці.
2. Наведено методику проведення досліджень.
3. Охарактеризовано обробку експериментальних даних.

**Розділ 3**  
**Експериментальна частина**  
**3.1.Визначення показників якості пшениці**

Основні показники якості пшениці, яка піддавалася луценню наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Основні показники якості зерна пшениці

Показник якості	Значення
Натура зерна, г/л	746,8±1,59
Вологість зерна, %	13,7±0,06
Скловидність зерна, %	23,2±2,6
Маса 1000 зерен, г	40±0,2
Маса 1000 зерен на сухі речовини, г	34,5±0,2

Наведені вище показники якості зерна пшениці характеризують найбільш важливі властивості зерна пшениці. В процесі досліджень показники якості зерна пшениці залишалися незмінними для усунення похибок експериментів. Змінною була лише вологість зерна пшениці, яку цілеспрямовано змінювали для встановлення її впливу на середньозважені розміри частинок мучки.

**3.2.Вплив тривалості луцення зерна пшениці на середній розмір частинок мучки**

Дослідженнями встановлено, що тривалість луцення зерна пшениці впливає на середньозважений розмір частинок мучки при незмінних усіх інших параметрах процесу. Результати досліджень наведено на рис. 3.1.

Аналізуючи результати дослідження, які наведено на рис. 3.1, можна побачити, що зі збільшенням тривалості луцення, середньозважений розмір частинок мучки нелінійно зменшується. Такий характер залежностей вказує на те, що розміри частинок мучки в процесі луцення підпорядковуються своїм законам, які немає нічого спільного із законами, яким підпорядковується індекс луцення.Такий характер зміни розмірів частинок мучки можна пояснити тим, що оболонки зерна пшениці мають більш опір зрізанню

абразивними зернами кругів ніж частинки ендосперму. В перші 40 с зрізаються оболонки та алейроновий шар із більшим опором, а потім доходить черга до зрізання речовини ендосперму.

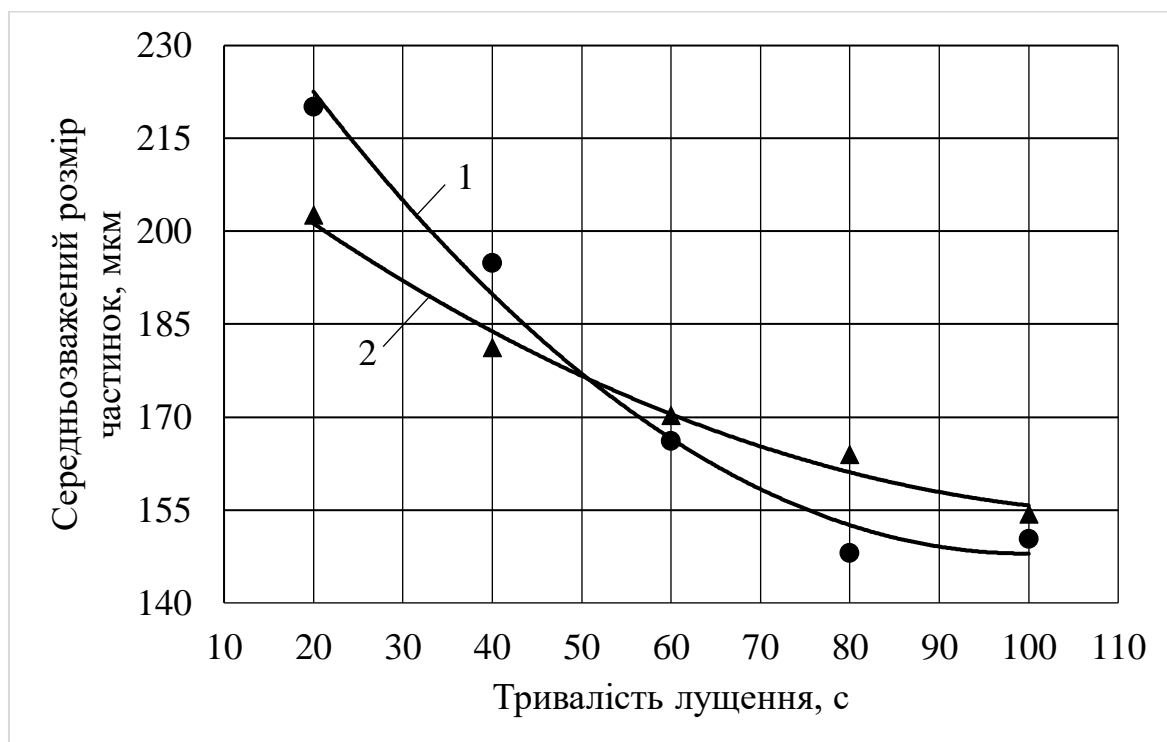


Рис. 3.1. Вплив тривалості лушення на середньозважений розмір частинок мучки при різних швидкостях обертання абразивних кругів: 1 – 29,6 с<sup>-1</sup>; 2 – 42,3 с<sup>-1</sup>.

Зі збільшенням швидкості обертання абразивних кругів луцильника середньозважений розмір частинок мучки зменшується відповідно до величини швидкості обертання кругів, особливо в початковий період часу. Таким чином можна констатувати, що на середньозважений розмір частинок мучки впливає і тривалість лушення і швидкість обертання абразивних кругів луцильника.

Результати дослідження, які наведено на рис. 3.1, отримано при режимах лушення: зернистість абразивних кругів – 40 од.; маса завантаженого зерна в луцильник – 100 г. Залежності, які наведено на рис. 3.1 описуються відповідними рівняннями:

$$S = 0,0117t^2 - 2,338t + 264,65 \quad (3.1)$$

$$S = 0,005t^2 - 1,17t + 222,65 \quad (3.2)$$

де  $S$  – середньозважений розмір частинок мучки, мкм;  $t$  – тривалість лушення, с.

Для обох отриманих залежностей, які наведено на рис. 3.1, коефіцієнт детермінації становив 0,98. Коефіцієнт детермінації вказує на високий зв'язок досліджуваних ознак. Високі значення коефіцієнтів детермінації вказують, що отримані регресійні моделі добре описують експериментальні дані, тобто мають високу значущість. Враховуючи те, що тривалість лушення лінійно пов'язана із індексом лушення, то залежності між індексом лушення та середнім розміром частинок мучки залишається подібними (рис. 3.2).

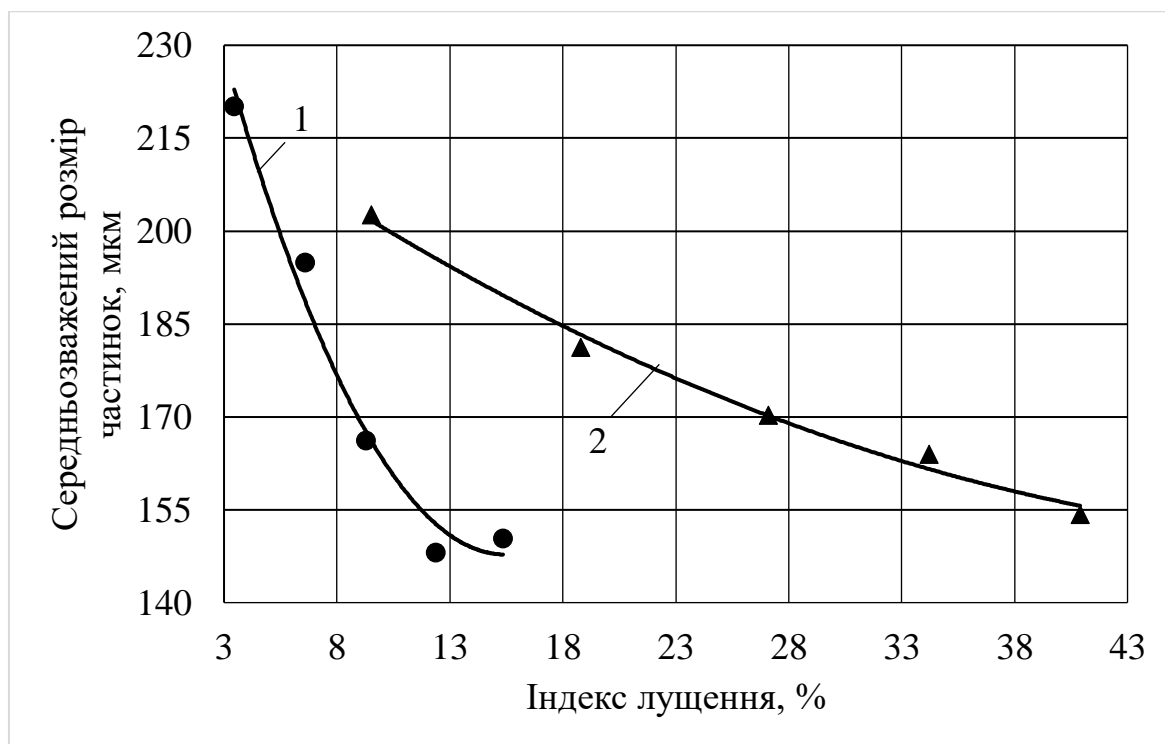


Рис. 3.2. Вплив індексу лушення на середній розмір частинок мучки при різних швидкостях обертання абразивних кругів: 1 – 29,6 с<sup>-1</sup>; 2 – 42,3 с<sup>-1</sup>.

Криві, які наведено на рис. 3.2 вказують на те, що при збільшенні швидкості обертання абразивних кругів та індексу лушення середньозважений розмір частинок мучки зменшується більш інтенсивніше. Це можна пояснити тим, що при збільшенні швидкості обертання абразивних кругів збільшується інтенсивність впливу абразивних зерен на зерно пшениці.

Залежності, які наведено на рис. 3.2 описуються відповідними рівняннями:

$$S = 0,521I^2 - 16,107I + 272,22 \quad (3.3)$$

$$S = 0,023I^2 - 2,654I + 224,83 \quad (3.4)$$

де  $S$  – середньозважений розмір частинок мучки, мкм;  $I$  – індекс лушення.

Для рівнянь, які описують криві на рис. 3.1, коефіцієнт детермінації становив 0,98 та 0,99 відповідно, що вказує на те, що отримані регресійні моделі добре описують експериментальні дані.

Для того, щоб зрозуміти розподіл частинок мучки після лушення в загальній масі побудовано диференціальні та інтегральні криві крупності частинок при різній тривалості лушення, при цьому швидкість обертання абразивних кругів становила  $29,6 \text{ с}^{-1}$ , а зернистість кругів становила 40 од. Результати наведено на рис. 3.3.

Результати досліджень, які наведено на рис. 3.3, вказують на те, що вихід частинок з розмірами менше 200 мкм в загальній масі переважає над частинками із розмірами більше 200 мкм. В свою чергу це вказує на те, що оболонки зрізаються абразивними зернами кругів менш інтенсивно ніж ендосперм, що і призводить до зниження середньозваженого розміру частинок всієї суміші. Така закономірність простежується для будь-якої тривалості лушення зерна пшениці.

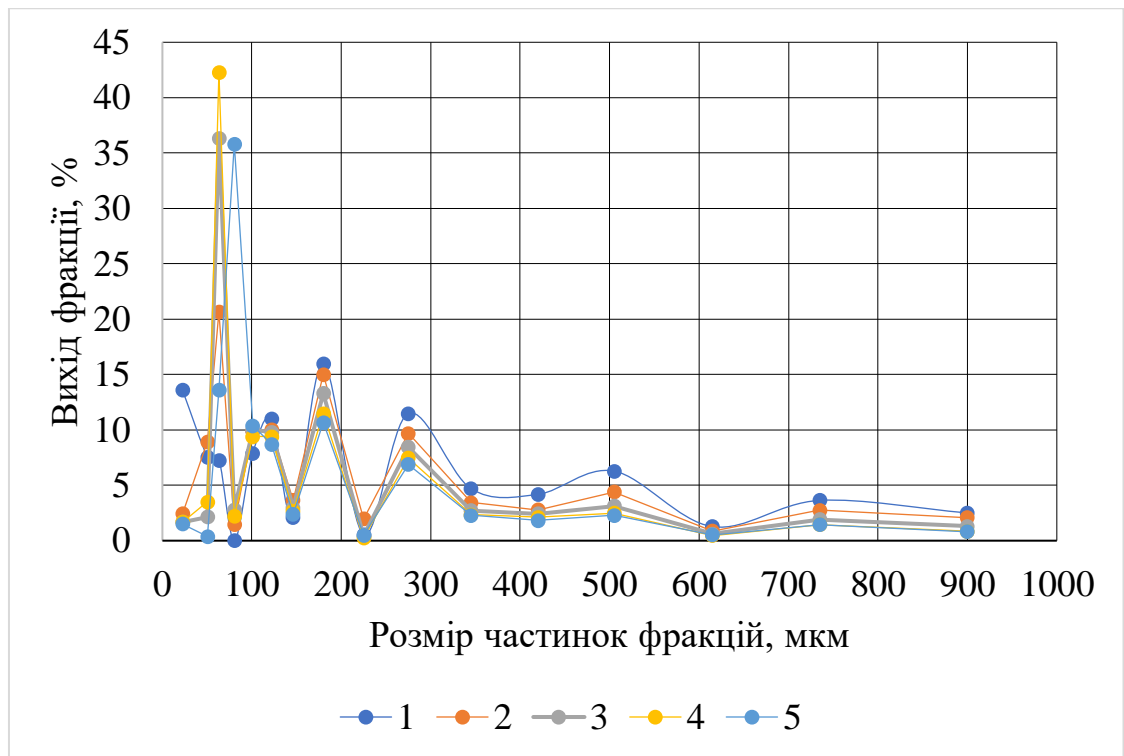


Рис. 3.3. Диференціальні криві розподілу розмірів частинок мучки за крупністю при зернистості абразивних кругів 40 од та швидкості обертання кругів  $29,6 \text{ с}^{-1}$ : 1 – 20 с; 2 – 40 с; 3 – 60 с; 4 – 80 с; 5 – 100 с.

Диференціальні криві (рис. 3.3) також вказують на те, що утворена мучка є полімодальною на що вказує шість точок максимуму. Це вказує на те, що в процесі луцення сили прикладені до зерен пшениці були нерівномірними, що і призвело до утворення цих максимумів. Крім того, опір зрізанню абразивними зернами різний для оболонок та ендосперму [12]. Диференціальні криві також вказують на дискретний характер частинок мучки після луцення. В свою чергу це може вказувати на різний опір силам зрізання частинок абразивними зернами.

Загальний вид інтегральних кривих, які наведено на рис. 3.4, також вказує на те, що у загальній масі мучки переважають дрібні частинки. Підтвердженням цієї думки є те, що криві вогнуті по відношенню до осі ординат.

Із наведених результатів досліджень можна зробити висновок, що при усіх незмінних параметрах процесу луцення, середньозважений розмір

частинок мучки нелінійно зменшується за рахунок різних структурно-механічних властивостей оболонкових продуктів та ядра зерна пшениці. Результати досліджень також вказують, що розмір частинок мучки є непостійною величиною і залежить як від тривалості обробки так і кінематичних параметрів процесу, якими є швидкість обертання абразивних кругів.

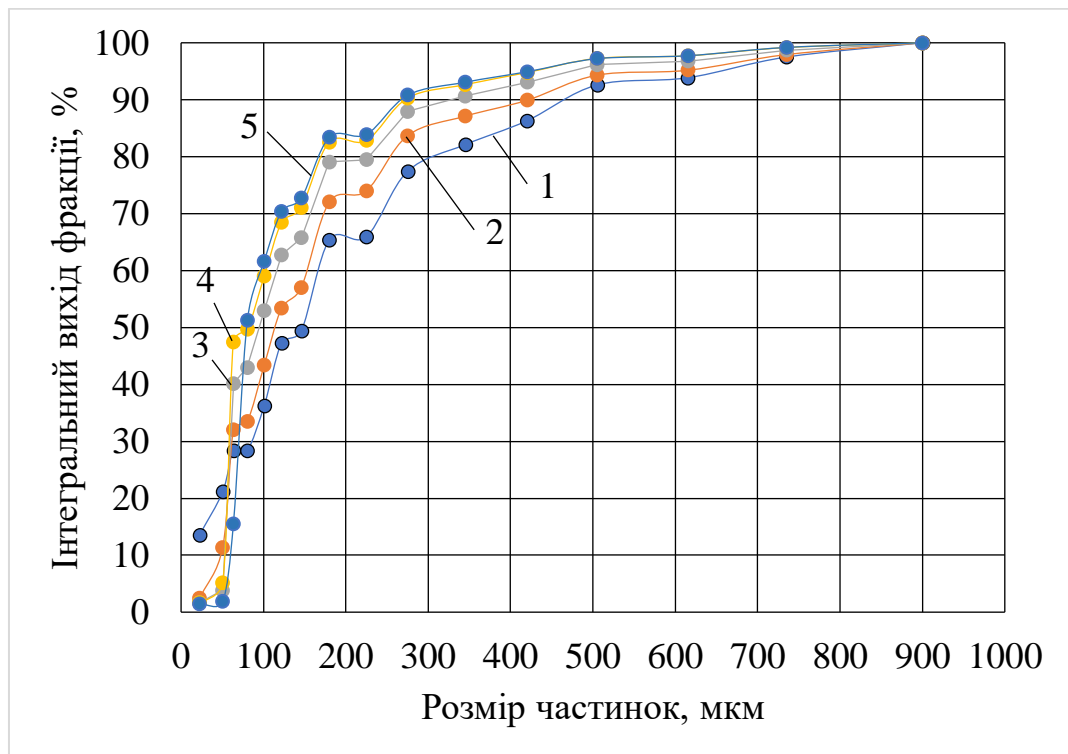


Рис. 3.4. Інтегральні криві розподілу розмірів частинок мучки за крупністю при зернистості абразивних кругів 40 од та швидкості обертання кругів  $29,6 \text{ с}^{-1}$ : 1 – 20 с; 2 – 40 с; 3 – 60 с; 4 – 80 с; 5 – 100 с.

### 3.3. Вплив зернистості абразивних кругів на середній розмір частинок мучки

Особливу цікавість представляє питання впливу зернистості абразивних кругів на крупність мучки. Абразивні круги із зернистістю 40 од. мають більший розмір абразивних зерен ніж круги із зернистістю 60 од. І так само абразивні круги із зернистістю 60 од мають більші розміри абразивних зерен ніж абразивні круги із зернистістю 80 од. Відповідно можна припустити,

що зернистість абразивних кругів повинна впливати на середньозважений розмір мучки.

Результати досліджень, які представлено на рис. 3.5 вказують, що зернистість абразивних кругів впливає не тільки на середньозважений розмір частинок мучки, але і на вид кривої «тривалість луцення – середньозважений розмір частинок мучки».

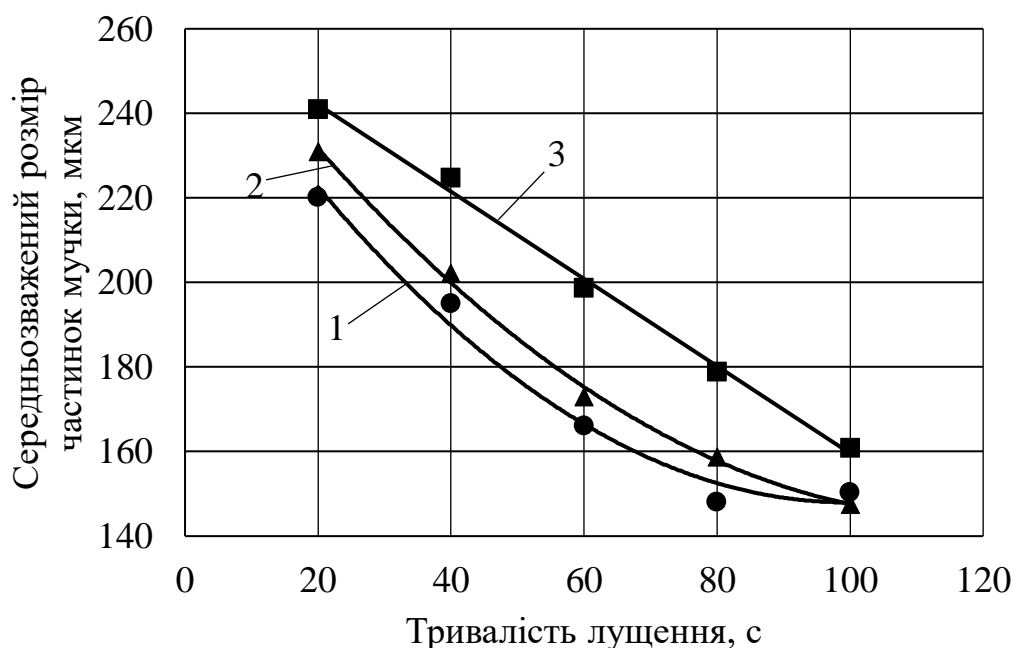


Рис. 3.5. Вплив тривалості луцення на середньозважений розмір частинок мучки пшениці при різній зернистості абразивних кругів: 1 – 40 од.; 2 – 60 од.; 3 – 80 од.

Швидкість обертання абразивних кругів становила  $29,6 \text{ с}^{-1}$ . Технологічні властивості зерна пшениці залишалися незмінними.

Дані рис. 3.5 вказують на те, що зі збільшенням тривалості обробки зерна пшениці і величини зернистості абразивних кругів середньозважений розмір частинок мучки збільшується. Криволінійні залежності вироджуються у прямолінійну залежність. Такий характер залежностей ймовірно можна пояснити тим, що чим більше величина зернистості (тобто більша кількість абразивних зерен на одиницю площі абразивного круга) тим більше відбувається зрізання різних частинок із одиниці поверхні зерна пшениці.

Криві, які наведено на рис. 3.5 описуються наступними рівняннями:

$$S = 0,0117t^2 - 2,34t + 264,68 \quad (3.5)$$

$$S = 0,009t^2 - 2,13t + 270,76 \quad (3.6)$$

$$S = -1,0315t + 262,73 \quad (3.7)$$

Для рівнянь 3.5...3.7, які описують криві на рис. 3.5, коефіцієнт детермінації знаходився в межах 0,98...0,99. Це вказує на те, що отримані регресійні моделі добре описують експериментальні дані.

Оскільки між тривалістю процесу луцення та індексом луцення існує лінійна залежність, то дані, які наведено на рис. 3.5 можна подати як залежності між індексом луцення та середньозваженим розміром частинок мучки при змінній зернистості абразивних кругів. Результати досліджень наведено на рис. 3.6.

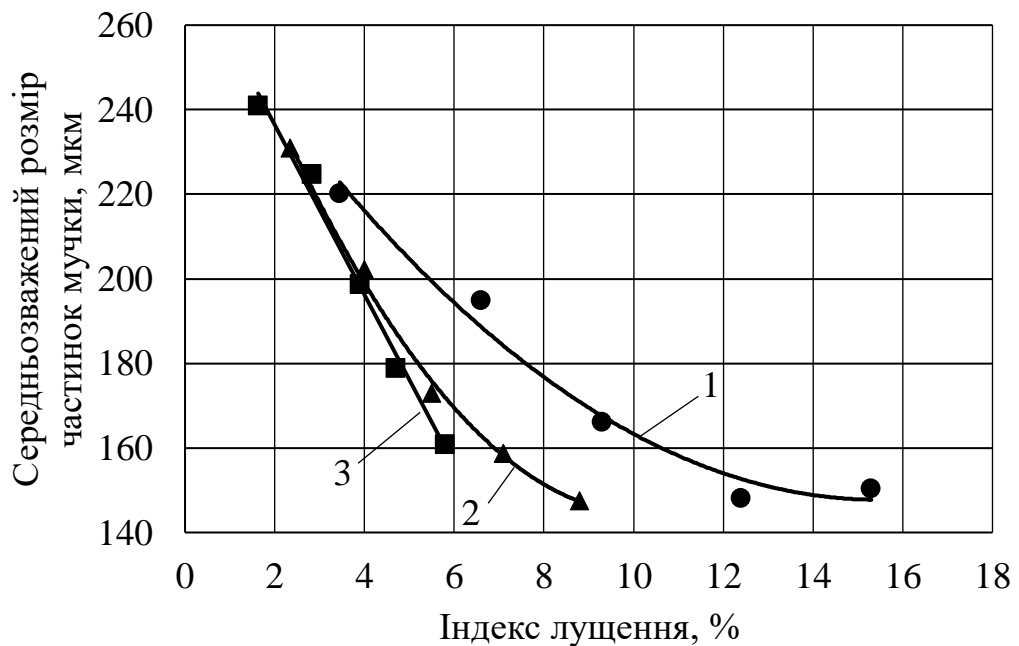


Рис. 3.6. Вплив індексу луцення на середньозважений розмір частинок мучки при змінній зернистості абразивних кругів: 1 – 40 од.; 2 – 60 од.; 3 – 80 од.

Із даних рис. 3.6 більш наглядно спостерігається виродження криволінійних залежностей у прямолінійну залежність при збільшенні величини зернистості абразивних кругів. Ймовірно, що таке виродження

кривих вказує на те, що вплив величини зернистості на середньозважений розмір частинок мучки має складну природу явища.

Із даних рис. 3.6 можна також простежити що зі збільшенням індексу лушення також і збільшується середньозважений розмір частинок. При зернистості 80 од. індекси лушення пшениці були меншими ніж при зернистості 60 од і аналогічно при зернистості 60 од. індекси лушення були меншими ніж при зернистості абразивних кругів 40 од. Все це вказує на те, що зі збільшенням значення зернистості абразивних кругів кількість оболонкових продуктів знімається менше і середньозважений розмір частинок утвореної мучки також менший. У свою чергу дані рис. 3.6 наглядно вказують, що чим менший розмір абразивних зерен абразивного круга і менше величина індекса лушення, тим менше середньозважений розмір частинок мучки утворюється. Це явище можна пояснити тим, що менші розміри абразивних зерен мають менші габаритні розміри граней, які зрізають частинки зерна в процесі лушення.

Із наведених результатів досліджень можна зробити висновок, що вплив величини зернистості абразивних кругів луцильника має складний характер за рахунок різного опору оболонкових продуктів та ядра зрізанню абразивними зернами робочих органів.

#### **3.4. Вплив вологості зерна пшениці на середній розмір частинок мучки**

Вологість зерна пшениці є одним із важливих факторів, який впливає на ефективність лушення. Тому можна припустити, що ймовірно вологість зерна також буде впливати і на поведінку утворення частинок мучки. Для встановлення впливу вологості зерна на середньозважені розміри частинок мучки проведено дослідження при швидкості обертання абразивних кругів  $29,6 \text{ с}^{-1}$ , величина зернистості абразивних кругів та незмінних інших технологічних властивостях зерна. Результати досліджень наведено на рис. 3.7.

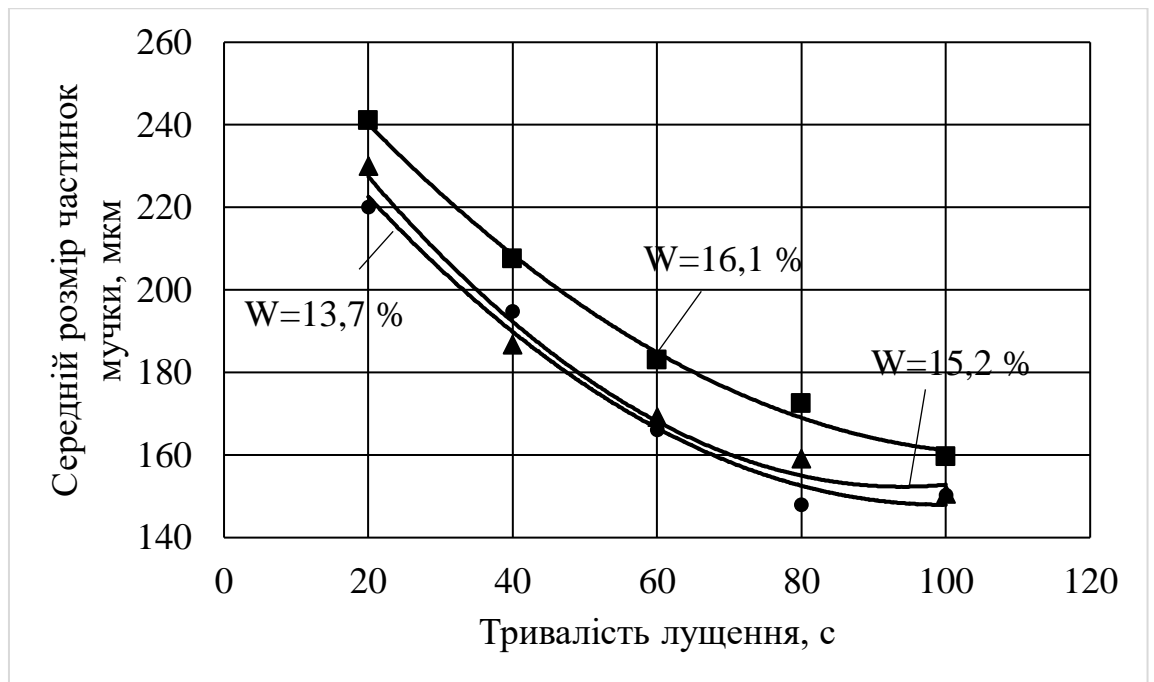


Рис. 3.7. Вплив вологості зерна на середньозважені розміри частинок мучки при різній тривалості лушення.

Дослідженнями встановлено (рис. 3.7), що збільшення вологості зерна пшениці також збільшує середньозважені розміри частинок мучки на всьому діапазоні тривалості лушення. Такі залежності можна пояснити тим, що зі збільшенням вологості зерна, зменшується опір оболонок зрізанню абразивними зернами робочих органів, що і призводить до збільшення розмірів частинок. Зі збільшенням тривалості лушення пшениці, середньозважені розміри частинок мучки не лінійно зменшуються на всьому діапазоні тривалості обробки.

Залежності, які наведено на рис. 3.7 описуються наступними відповідними рівняннями:

вологість 13,7 %:

$$S = 0,0117t^2 - 2,338t + 264,65 \quad (3.8)$$

вологість 15,2 %:

$$S = 0,0137t^2 - 2,58t + 273,54 \quad (3.9)$$

вологість 16,1 %:

$$S = 0,0099t^2 - 2,175t + 279,72 \quad (3.10)$$

Коефіцієнти детермінації знаходилися в межах 0,98...0,99, що вказує на те, що отримані рівняння добре описують експериментальні дані.

Паралельно визначалися індекси лушення пшениці, які лінійно пов'язані із тривалістю обробки зерна. На основі цих даних будувалися залежності між індексом лушення та середньозваженим розміром частинок мучки. Результати досліджень наведено на рис. 3.8.

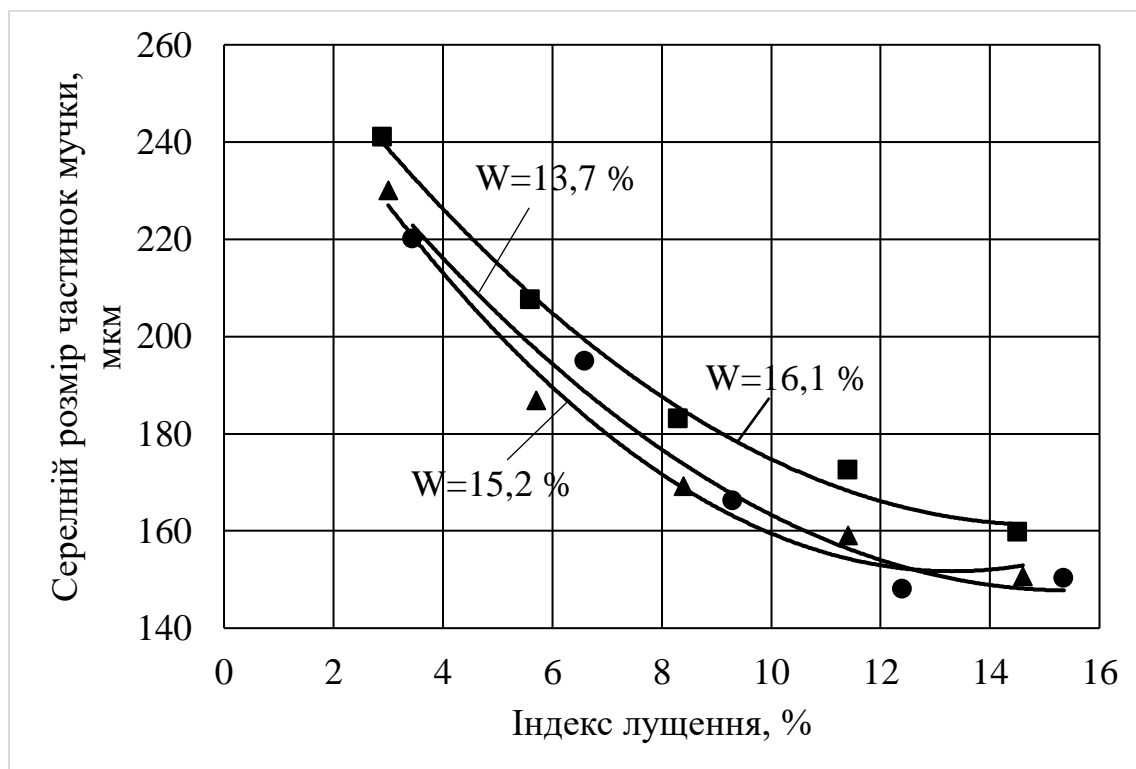


Рис. 3.8. Вплив вологості зерна пшениці на середньозважені розміри частинок мучки при різних індексах лушення.

Як видно із даних рис. 3.8 зі збільшенням індексу лушення середньозважений розмір частинок нелінійно зменшується, а збільшення вологості зерна призводить до збільшення середньозваженого розміру частинок мучки. Такі закономірності пояснюються зміною структурно-механічних властивостей зерна пшениці при різній вологості. Збільшення вологості зерна призводить до збільшення опору оболонки та ендосперму руйнуванню робочими поверхнями абразивних кругів.

Із даних досліджень, які наведено на рис. 3.7 та 3.8 можна зробити висновки, що збільшення вологості призводить до збільшення середньозваженого розміру частинок мучки в процесі лушення пшениці.

Результати досліджень, які наведено у підрозділах 3.2...3.4 вказують на те, що усі досліджувані фактори впливають на середньозважені розміри частинок мучки. Усі дослідження чітко вказують, що збільшення тривалості лушення вище 40 с призводить до надмірного стирання частинок ядра, в результаті чого відбувається суттєва зміна характеру кривих.

### **Висновки до розділу 3**

1. При усіх незмінних параметрах процесу лушення, середньозважений розмір частинок мучки нелінійно зменшується за рахунок різних структурно-механічних властивостей оболонкових продуктів та ядра зерна пшениці. Результати досліджень також вказують, що розмір частинок мучки є непостійною величиною і залежить як від тривалості обробки так і кінематичних параметрів процесу, якими є швидкість обертання абразивних кругів.

2. Вплив величини зернистості абразивних кругів луцильника має складний характер за рахунок різного опору оболонкових продуктів та ядра зрізанню абразивними зернами робочих органів.

3. Збільшення вологості призводить до збільшення середньозваженого розміру частинок мучки в процесі лушення пшениці.

## Розділ 4 Технологічна частина

### 4.1.1 Наукове обґрунтування технологічного процесу виробництва круп подрібнених з м'якої пшениці

Для отримання високоякісних круп необхідно мати такий технологічний процес переробки зерна в крупи, який забезпечував би найбільш повне виділення усіх органічних і мінеральних домішок, проводив би такі технологічні операції, які підвищували б ефективність переробки пшениці та покращували якість готової продукції. В технологічному процесі необхідно передбачити контроль відходів. Лущення повинно забезпечувати високоефективну обробку поверхні зерна з метою найбільш повноцінного виділення оболонок, з наступним відокремленням легких домішок.

У відповідності до сформульованих задач технологічний процес повинен бути оснащений зерноочисними сепараторами з метою відбору органічних та легких домішок, каменевідбірниками, які виділяли б мінеральні домішки. Для відбору крупних та дрібних домішок необхідно використовувати трієри.

Враховуючи значний вплив вологості на процеси переробки зерна в крупи, технологічний процес повинен бути обладнаний етапом зволоження та відлежування зерна.

Контроль відходів передбачає виділення зерна із суміші.

Лущення повинно здійснюватися на одній двох системах в залежності від ефективності роботи обладнання на даній операції. Після лущення обов'язковим є виділення легких домішок із лущеного зерна.

Лущене зерно потребує шліфування на двох-трьох системах для ефективного відокремлення оболонок зерна та надання зерну кращих органолептичних властивостей.

Для отримання круп подрібнених необхідно проводити додаткове подрібнення, для цього можна використати вальцьовий верстат. Для надання споживчих властивостей доцільно проводити полірування подрібненої крупи.

Для розділення круп за номерами необхідно здійснити сортування, яке можливе у розсійнику, попередньо відокремивши легкі продукти шляхом провіювання в повітряному сепараторі. Перед подачею готової продукції в бункери є обов'язковим здійснення магнітного контролю готової продукції.

Для проведення обліку та контролю роботи заводу є обов'язковим встановлення автоматичних вагів перед подачею неочищеного зерна на очищення та автоматичних вагів на контролі готової продукції. Контроль відходів здійснюється під час вивезення відходів автомобільним транспортом, який проходить обов'язкове зважування при виїзді із підприємства.

#### **4.1.2.Опис технологічної схеми виробництва круп**

Зерно з елеватора подається на ланцюговий транспортер ТСЦ-100 (1.1), який розподіляє зерно по шести бункерах для неочищеного зерна загальною ємністю 231,6 т. Зерно із бункерів для неочищеного зерна за допомогою двох гвинтових транспортерів Ш-160 (11.1, 11.2) та норії Н-10 (5.1) подається у скальператор ПБ-50, в якому здійснюється попереднє очищення від крупних домішок. Прохід решітного полотна  $\varnothing$  9 мм скальператора ПБ-50 направляється на зважування у ваги АД-50-3Е (3.1), схід скальператора направляється у відходи ІІІ категорії.

Зважене зерно направляється у зерновий сепаратор А1-БІС-12 (4.1). Схід сортувального та прохід підсівного полотна направляється у відходи ІІІ категорії. Прохід сортувального решітного полотна з розмірами отворів 4,0×20 мм та схід підсівного решітного полотна з розмірами отворів 2,0×20 мм направляється за допомогою норії Н-10 (5.2) у каменевідбірник РЗ-БКТ-100 (6.1). Очищене у каменевідбірнику зерно направляється у трієр-вівсюговідбірник А9-УТО-6 (7.1), в якому виділяються крупні домішки, а зерно направляється у трієрний блок ТЦ-8 (8.1). Крупні домішки подаються у бурат ЦМБ-3 (10.1) для розділення домішок на відходи І та ІІ категорії та відходи ІІІ категорії. Прохід решітного полотна  $\varnothing$  1,6 мм бурата направляється

у відходи III категорії, а схід направляється у відходи I та II категорії. Виділені домішки в трієрі-кукілевідбірнику А9-УТК-6 (8.1) направляються у відходи III категорії.

Очищене зерно подається у апарат інтенсивного зволоження А1-БШУ-2 (9.1). Зволожене зерно розподіляється у дві ємності для відлежування тривалість якого коливається 30...60 хв. Відволожене зерно за допомогою гвинтового транспортеру Ш-160 (11.3) та норії Н-10 (5.3) подається на першу луцильну систему в оббивальну машину РЗ-БГО-6 (12.1). Пролуцене зерно очищається від легких домішок в повітряному сепараторі А1-БДЗ-6 (13.1) і подається на другу луцильну систему в оббивальну машину РЗ-БГО-6 (12.2). Виділення легких домішок здійснюється в повітряному сепараторі А1-БДЗ-6 (13.2).

Легкі домішки з повітряних сепараторів А1-БДЗ-6 (13.1, 13.2) подаються за допомогою норії Н-10 (5.4) на просіювання в просіювач А1-БП-2К (21.1). Прохід решітного полотна Ø2,5мм просіювача направляється у відходи III категорії, а схід у повітряний сепаратор АСХ-5 (15.1). Легкі домішки сепаратора направляються в бункер I та II категорії, а крупні частинки зерна об'єднуються з очищеним зерном, яке отримано проходом повітряного сепаратора А1-БДЗ-6 (13.2) і за допомогою норії Н-10 (5.5) направляється на першу шліфувальну систему в машини А1-ЗШН-3 (14.1, 14.2).

Продукт з першої шліфувальної системи направляється на другу шліфувальну в шліфувальні машини А1-ЗШН-3 (14.3, 14.4). З другої шліфувальної системи продукт направляється на повітряний сепаратор А1-БДЗ-6 (13.4). Очищений продукт направляється на третю шліфувальну систему в шліфувально-луцильну машину А1-ЗШН-3 (14.5, 14.6). Відокремлені в повітряному сепараторі А1-БДЗ-6 (13.4) легкі домішки за допомогою норії Н-10 (5.7) направляються на просіювання в розсійник РШХ-6-22 (18.1).

З третьої шліфувальної системи продукт направляється на подрібнення у вальцовий верстат А1-БЗ-2Н (16.1). Після подрібнення продукт подається у полірувальні машини А1-БШМ-2,5 (17.1, 17.2). Прохід полірувальних машин А1-БШМ-2,5 (17.1, 17.2) направляється за допомогою норії Н-10 (5.8) на контрольне просіювання в розсійник РШХ-6-22 (18.4). Схід полірувальних машин А1-БШМ (17.1, 17.2) направляється за допомогою норії Н-10 (5.9) на провіювання в повітряний сепаратор А1-БДЗ-6 (13.5) та на контроль крупы в розсійник РШХ-6-22 (18.2, 18.3). Легкі продукти виділені в повітряному сепараторі А1-БДЗ-6 (13.5) направляються на просіювання в розсійник А1-БРУ (18.4).

Мучка, яку отримано сходом розсійників РШХ-6-22 (18.1, 18.4) направляється разом із проходом розсійників А1-БРУ (18.2, 18.3) за допомогою норії Н-10 (5.13) на зважування у автоматичні ваги АД-50-МЕ (23.4) та в бункер готової продукції №4.

Першим сходом розсійників РШХ-6-22 (18.2, 18.3) одержується крупа №1, яка направляється за допомогою норії Н-10 (5.12) на зважування у автоматичні ваги АД-50-МЕ (23.3), після чого в бункер готової продукції №3. Другим сходом розсійників РШХ-6-22 (18.2, 18.3) одержується крупа №2, яка направляється за допомогою норії Н-10 (5.11) на зважування у автоматичні ваги АД-50-МЕ (23.2), після чого в бункер готової продукції №2. Третім сходом розсійників РШХ-6-22 (18.2, 18.3) одержується крупа №3, яка направляється за допомогою норії Н-10 (5.10) на зважування у автоматичні ваги АД-50-МЕ (23.1), після чого в бункер готової продукції №1.

Перед оббивальними машинами РЗ-БГО-6 (12.1, 12.2), шліфувальними машинами А1-ЗШН-3 (14.1, 14.6), вальцовим верстатом А1-БЗ-2Н (16.1), полірувальними машинами А1-БШМ-2,5 (17.1, 17.2) та на контролі готової продукції передбачено магнітні колонки У1-БМП.

Аспіраційні відноси, які утворюються в шліфувальних машинах А1-ЗШН-3 (14.1-14.6) та осаджуються у фільтрі-циклоні РЦЕ (19.3) направляються на контрольне просіювання мучки в розсійник А1-БРУ (18.1).

## 4.2. Розрахунок обладнання

### 4.2.1. Розрахунок місткості бункерів для неочищеного зерна

Місткість бункерів для неочищеного зерна розраховують на 36...48 год. продуктивності зерноочисного відділення. Під час розрахунку бункерів для відволожування зерна враховують продуктивність зерноочисного відділення, метод підготовки зерна до помелу (послідовний або паралельний).

Місткість бункерів, м<sup>3</sup>, розраховують за формулою:

$$E = \frac{Q_{з.в.} \cdot t}{24 \cdot j \cdot p} \quad (2.2)$$

де,  $Q_{з.в.}$  – розрахункова продуктивність зерноочисного відділення, т/добу;

$t$  – тривалість роботи луцильного відділення (зазвичай 24...30 год), год;

$j$  – об'ємна маса (натура) зерна, т/м<sup>2</sup> ( $j = 0,75$  т/м<sup>3</sup>);  $p$  – коефіцієнт використання місткості ( $p = 0,86...0,90$ ).

Необхідну кількість бункерів, шт., розраховують за формулою:

$$n = \frac{E}{a \cdot b \cdot h} \quad (2.3)$$

де,  $E$  – місткість засіків, м<sup>3</sup>;

$n$  – кількість засіків, шт.;

$a, b, h$  – довжина, ширина і висота одного засіку, м.

Як правило, бункери для неочищеного зерна та відволожування виготовляють із збірного залізобетону. Для неочищеного зерна використовують бункери розміром 3,0×3,0 м, для відволожування зерна – відповідно 1,5×1,5 м. За висотою бункери можуть займати 2...3 поверхи, при висоті поверху 4,8 м.

Фактичну місткість бункерів  $E_{\phi}$ , т, розраховують за формулою:

$$E_{\phi} = n \cdot V_{\phi} \cdot j \cdot p \quad (2.4)$$

де,  $n$  – кількість бункерів, шт.;

$V_{\phi}$  – місткість одного бункера,  $m^3$ ;

$j$  – натура зерна,  $t/m^3$ ;

$p$  – коефіцієнт використання місткості бункерів [18].

Розрахункова ємність бункерів для неочищеного зерна буде становити:

$$E = \frac{168,32}{24 \cdot 0,75 \cdot 0,9} = 331,8 m^3$$

Розрахункова кількість бункерів буде становити:

$$n = \frac{331,8}{2,3 \cdot 2,3 \cdot 10,81} = 5,8 \approx 6 \text{ бункерів}$$

Фактична ємність бункерів становитиме:

$$E_{\phi} = 6 \times (2,3 \times 2,3 \times 10,81) \times 0,75 \times 0,9 = 231,6 \text{ т}$$

#### 4.2.2. Розрахунок технологічного обладнання зерноочисного відділення

Розрахункова продуктивність зерноочисного відділення, т/добу, з урахуванням 10...20 % запасу продуктивності визначається за формулою:

$$Q_{з.в.} = (1,1 \dots 1,2) Q_{р.в.} \quad (2.5)$$

де,  $Q_{р.в.}$  – продуктивність розмелювального відділення, т/добу.

Розрахункова продуктивність буде становити:

$$Q_{з.в.} = 1,2 \cdot 140 = 168 \text{ т/добу}$$

Кількість автоматичних вагів  $n_{в.}$ , шт., розраховують за формулою:

$$n_{в.} = \frac{Q_{з.в.} \cdot 1000 \cdot C_{\phi}}{100 \cdot 24 \cdot V \cdot n_{вз}} \quad (2.6)$$

де,  $n_{в.}$  – кількість автоматичних вагів, шт.;

$C_{\phi}$  – кількість продукту, яке надходить на зважування, %;

$V$  – ємність ковша вагів, (100, 50, 20) кг;

$n_{вз}$  – кількість зважувань за годину [18].

При ємності ковша вагів до 50 кг число зважувань в час до 180; при ємності ковша вагів 100 кг – не більше 120 зважувань за годину.

Кількість автоматичних вагів буде становити:

$$n_6 = \frac{1680 \cdot 1000 \cdot 100}{100 \cdot 24 \cdot 50 \cdot 150} = \frac{16800000}{18000000} \approx 1 \text{ шт.}$$

Розрахунок кількості зерноочисних машин проводять за формулою:

$$n = \frac{Q_{з.в.}}{q_m} \quad (2.7)$$

де,  $Q_{з.в.}$  – продуктивність зерноочисного відділення, т/год.;

$q_m$  – продуктивність машини, т/год [18].

Відповідно до технологічної схеми кількість зерноочисних сепараторів А1-БІС-12, які мають продуктивність 12 т/год., буде становити:

$$n = \frac{6}{12} = 0,5 \approx 1 \text{ шт.}$$

Кількість каменевідбірників РЗ-БКТ-100, які мають продуктивність 9 т/год., буде становити:

$$n = \frac{6}{9} = 0,66 \approx 1 \text{ шт.}$$

Кількість трієрних блоків ТЦ-8, які мають продуктивність 6 т/год., буде становити:

$$n = \frac{6}{6} = 1 \text{ шт.}$$

Кількість апаратів інтенсивного зволоження А1-БШУ-2, які мають продуктивність 6 т/год., буде становити:

$$n = \frac{6}{6} = 1 \text{ шт.}$$

Кількість оббивальних машин 1-ї луцильної системи РЗ-БГО-6, які мають продуктивність 6 т/год., буде становити:

$$n = \frac{6}{6} = 1 \text{ шт.}$$

Кількість повітряних сепараторів А1-БДЗ-6 першого проходу, які мають продуктивність 6 т/год., буде становити:

$$n = \frac{6}{6} = 1$$

Кількість оббивальних машин 2-ї луцильної системи РЗ-БГО-6, які мають продуктивність 6 т/год., буде становити:

$$n = \frac{6}{6} = 1 \text{ шт.}$$

Кількість повітряних сепараторів А1-БДЗ-6 другого проходу, які мають продуктивність 6 т/год., буде становити:

$$n = \frac{6}{6} = 1$$

Базисна норма виходу відходів при переробці пшениці в крупи становить 5,3 %, тоді кількість просіювачів барабанного типу на контролі відходів можна визначити за формулою:

$$n = \frac{Q_{з.в.} \cdot a_{\delta}}{100 \cdot q_m} \quad (2.8)$$

де,  $Q_{з.в.}$  – продуктивність зерноочисного відділення, т/год.;

$a_{\delta}$  – навантаження на систему за балансом, %;

$q_m$  – продуктивність машини, т/год.

Кількість повітряних сепараторів АСХ-5, які мають продуктивність 5 т/год., буде становити:

$$n = \frac{6 \cdot 5,3}{100 \cdot 5} \approx 1$$

#### **4.2.3. Розрахунок кількості технологічного обладнання луцильного відділення**

Кількість луцильних машин безперервної дії А1-ЗШН можна визначити за формулою:

$$n = \frac{Q_{л.в.}}{q_m} \quad (2.9)$$

де,  $Q_{л.в.}$  – продуктивність луцильного відділення, т/год.;

$q_m$  – продуктивність машини, т/год [18].

Кількість шліфувальних машин А1-ЗШН першого проходу, які мають продуктивність 3 т/год., буде становити:

$$n = \frac{5}{3} = 1,66 \approx 2 \text{ шт.}$$

Відповідно до технологічної схеми процесу переробки м'якої пшениці в крупи шліфовані та подрібнені прохід першої шліфувальної системи одразу направляється на другу шліфувальну систему, тому кількість шліфувальних машин А1-ЗШН другого проходу буде становити:

$$n = \frac{5}{3} = 1,66 \approx 2 \text{ шт.}$$

Весь потік зерна, який послідовно пройшов через першу та другу шліфувальні системи направляється на провіювання у повітряний сепаратор А1-БДЗ-6 першого проходу, продуктивність якого становить 6 т/год., тоді їх кількість буде становити:

$$n = \frac{5}{6} = 0,83 \approx 1 \text{ шт.}$$

Очищений в повітряному сепараторі зернопродукт направляється на третю шліфувальну систему, яка обслуговується машина А1-ЗШН із продуктивністю 3 т/год., тоді їх кількість становить:

$$n = \frac{5}{3} = 1,66 \approx 2 \text{ шт.}$$

Прошліфована крупа направляється у вальцьовий верстат А1-БЗ-2Н, технічна продуктивність якого становить 7 т/год., тоді кількість вальцьових верстатів буде становити:

$$n = \frac{5}{7} = 0,71 \approx 1 \text{ шт.}$$

Кількість полірувальних машин А1-БШМ-2,5 із продуктивністю 2,5 т/год. буде становити:

$$n = \frac{5}{2,5} = 2 \text{ шт.}$$

Кількість повітряних сепараторів А1-БДЗ-6 другого проходу, які мають продуктивність 6 т/год. буде становити:

$$n = \frac{5}{6} = 0,83 \approx 1 \text{ шт.}$$

Загальна просіювальна поверхня розсійників розраховується за формулою:

$$F = \frac{1000 \cdot Q_{л.в.}}{q_n} \quad (2.10)$$

де,  $Q_{л.в.}$  – продуктивність луцильного відділення, т/добу;

$q_n$  – питома навантаження на 1 м<sup>2</sup> просіюючої поверхні, кг/добу [18].

Тоді загальна просіююча поверхня буде становити:

$$F = \frac{1000 \cdot 120}{1000} = 120 \text{ м}^2$$

Площу просіювальної поверхні, м<sup>2</sup>, розраховують за формулою:

$$f = \frac{F \cdot f_n}{100} \quad (2.11)$$

де, F – загальна площа просіювання, м<sup>2</sup>;

$f_n$  – просіювальна поверхня етапу технологічного процесу, % [18].

Відповідно до питомих навантажень на просіюючу поверхню регламентованих «Правилами...» для контролю крупи відводиться 30 %, контролю лузги і мучки 10 %, тому

$$f_k = \frac{120 \cdot 30}{100} = 36 \text{ м}^2$$

$$f_l = \frac{120 \cdot 10}{100} = 12 \text{ м}^2$$

Загальна розрахункова просіювальна поверхня буде становити:

$$f = f_k + f_l = 36 + 12 = 48 \text{ м}^2$$

Площа просіюючої поверхні одного розсійника РШХ-6-22 становить 32,45 м<sup>2</sup>, тоді розрахункова кількість розсійників становитиме:

$$n = \frac{48}{32,45} = 1,47 \approx 2 \text{ розсійники}$$

Загальна кількість секцій розсійників РШХ-6-22 буде становити:

$$n_c = 2 \cdot 6 = 12 \text{ секцій.}$$

*Таблиця 2.7 – Специфікація основного технологічного обладнання*

№ п/п	Найменування та марка обладнання	Продуктивність, т/год	Кількість, шт.
1	Ваги автоматичні АД-50-3Е		5
2	Скальператор ПБ-50	50	1
2	Сепаратор зерноочисний А1-БІС-12	12	1
3	Каменевідбірник РЗ-БКТ-100	9	1
4	Трієрний блок ТЦ-8	6	1
5	Апарат інтенсивного зволоження А1-БШУ-2	6	1
6	Бурат ЦМБ-3	3	1
7	Оббивальна машина РЗ-БГО-6	6	2
8	Повітряний сепаратор А1-БДЗ-6	5	6
9	Повітряний сепаратор АСХ-5	5	1
10	Луцильно-шліфувальна машина А1-ЗШН-3	3	6
11	Вальцьовий верстат А1-БЗ-2Н	7	1
12	Полірувальна машина А1-БШМ-2,5	2,5	2
13	Розсійник РШХ-6-22	–	2
14	Ваги автоматичні АД-50-МЕ	–	4
15	Магнітна колонка У1-БМП	11	15

#### **Висновки до розділу 4**

1. В даному розділі здійснено наукове обґрунтування та опис технологічного процесу переробки зерна в крупи.
2. Проведенно розрахунки необхідного обладнання, а саме кількості необхідних бункерів, зерноочистного відділення, луцильного відділення.

## Розділ 5

### Соціально-економічна значущість

#### 5.1. Історія створення НАССР

Концепція НАССР в харчовій промисловості була вперше представлена компанією Pillsbury, Лабораторії НАСА та армії США в Нейтіку в 1960-х роках. Під час роботи над американською космічною програмою NASA поставила за мету виключити утворення токсинів у харчовій продукції, яку споживають астронавти у космосі і, як наслідок, попередити захворювання, зумовлені недоброякісними продуктами харчування. НАССР передбачає заходи, що забезпечують необхідний рівень показників безпеки продукції в процесі її виробництва, причому саме в тих критичних точках технологічного процесу, де може виникнути загроза появи небезпечних чинників. Система дозволяє виділити всі потенційно небезпечні чинники у харчовому продукті та запобігти їх виникненню.

1971 р. — компанія Пілсбурі представила повністю розроблену концепцію НАССР на Першій Американській Національній Конференції з питань безпеки харчових продуктів.

У середині 80-х років Національна академія наук США запропонувала поставити цю систему на службу харчовій індустрії.

Комісія Codex Alimentarius відіграла активну роль у формулюванні та підтримці системи НАССР як міжнародного способу забезпечення виробництва безпечних харчових продуктів. На 25 засіданні Комітету з питань гігієни харчових продуктів (1991 р.) було прийнято документ «Загальні визначення НАССР та процедури використання Кодексу». Комітет погодився, що система НАССР повинна бути внесена до Кодексу з врахуванням загальних принципів виробництва харчових продуктів.

Найбільш важливим законодавчим актом ЄС, що регламентує сферу застосування НАССР, — є Директива 93/43/ЄЕС «Про гігієну харчових продуктів». Вона застосовується на всіх підприємствах, які працюють з харчовими продуктами.

Застосування директиви стало обов'язковим для країн-членів ЄС з 14 грудня 1995 року. З цією директивою в європейське законодавство було інтегровано принципи HACCP та основні принципи гігієни харчових продуктів

Міжнародна організація зі стандартизації підготувала проєкт міжнародного стандарту «Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги» (ISO 22.000). Застосування систем HACCP в окремих країнах світу регламентується національними законодавчими та нормативно-правовими актами.

Міжнародним стандартом, що встановлює єдині вимоги до систем HACCP, гармонізованого до стандартів менеджменту якості, екологічного менеджменту і пристосованого до сертифікації став ISO 22000:2005 «Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain» (Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга), який був опублікований у 2005 році.

Українським стандартом, що встановлює єдині вимоги до систем HACCP є ДСТУ ISO 22000:2007. СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕЧНІСТЮ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга (ISO 22000:2005, IDT).

## **5.2.Принципи HACCP**

Наступні 7 принципів HACCP фокусуються на ідентифікації, моніторингу та контролі небезпек в критичних контрольних точках визначених скрізь виробничий ланцюг.

- 1) Проведення аналізу небезпечних факторів.
- 2) Визначення критичних контрольних точок (ККТ).
- 3) Встановлення граничних значень.
- 4) Введення системи контролю за ККТ.
- 5) Встановлення коригувальних дій, що їх необхідно вжити, коли спостереження свідчать, що певна ККТ виходить з-під контролю.

6) Встановлення процедури перевірки для підтвердження того, що система НАССР працює ефективно.

7) Розроблення методів документування всіх процедур і ведення записів, пов'язаних із застосуванням цих принципів.

### **5.3.12 кроків впровадження системи НАССР на підприємстві**

#### **Крок 1. Створення групи НАССР**

Співробітники підприємства, які братимуть участь в розробці плану НАССР, повинні володіти конкретними спеціальними знаннями про технологічні аспекти виробництва та виробленому харчовому продукті, оскільки на таку групу покладається відповідальність за розробку і впровадження процедур НАССР.

Така група може складатися з двох і більше осіб. Кожен член групи повинен володіти не тільки достатніми знаннями, але і досвідом в спеціалізованих і суміжних областях знань:

- управління безпекою продуктів; технологічні процеси;
- ветеринарія (для м'ясної, молочної продукції);
- загальна хімія;
- загальна біологія;
- навички роботи з обладнанням з моніторингу та вимірювань;
- законодавство в цій галузі індустрії.

Слід врахувати необхідність залучення сторонніх експертів для вирішення нестандартних питань, пов'язаних з ризиками у виробництві певного продукту. Однак не варто повністю покладати всю відповідальність за розробку плану стороннім фахівцям, оскільки незнання всіх тонкощів структури організації може внести некоректні формулювання в реалізацію плану НАССР.

#### **Крок 2. Опис сировини та готової продукції**

Детальний опис продукту є ідентифікацією можливих небезпек і ризиків, які можуть перебувати в інгредієнтах або матеріалі упаковки.

Спочатку ведеться опис отриманої сировини, де визначаються його основні властивості і стан.

Назва сировини: Пшениця

Опис сировини: Пшениця - це однорічна злакова рослина, яка є основним джерелом крохмалю для виробництва борошна. Пшениця містить близько 65-70% крохмалю, 10-15% білка, 2-3% жиру та 1-2% клітковини.

Класифікація сировини: Пшениця поділяється на кілька сортів, залежно від її якості. У відповідності до ДСТУ 3768:2019 Для виробництва борошна використовують тверду і м'яку пшеницю.

Тверда пшениця містить більше білка, ніж м'яка пшениця. Вона використовується для виробництва борошна вищого і першого сортів, яке використовується для випікання хліба, булочок, пиріжків та інших виробів.

М'яка пшениця містить менше білка, ніж тверда пшениця. Вона використовується для виробництва борошна другого сорту, яке використовується для випікання макаронів, млинців, вафель та інших виробів.

Умови зберігання сировини: Пшениця повинна зберігатися в сухому, прохолодному і добре вентильованому місці. Вологість повітря в місці зберігання пшениці не повинна перевищувати 70%, а температура повітря - 15-20°C.

Небезпеки, пов'язані з сировиною: Пшениця може бути заражена шкідниками, такими як пшеничний жук, пшеничний трипс та інші. Шкідники можуть пошкодити зерно, що може призвести до псування борошна.

Пшениця також може бути заражена небезпечними мікроорганізмами, такими як Salmonella, E. coli та інші. Ці мікроорганізми можуть викликати харчові отруєння.

Заходи щодо запобігання небезпечним факторам:

Для запобігання зараженню пшениці шкідниками і небезпечними мікроорганізмами необхідно дотримуватися таких заходів:

- Пшениця повинна надходити від перевірених постачальників.

- Пшениця повинна зберігатися в безпечних умовах.
- Пшениця повинна бути піддана ретельному очищенню та сортуванню перед виробництвом борошна.

Опис продукції:

Назва продукції: Мука

Опис продукції:

Мука - це порошкоподібна харчова сировина, яка виготовляється з перемелених зерен злакових культур. Мука є основним інгредієнтом для приготування багатьох харчових продуктів, таких як хліб, макарони, торти, печиво та інші. У відповідності до ДСТУ 46.004-99

Склад продукції:

Мука складається з крохмалю, білка, жиру, клітковини та інших мікроелементів. Вміст цих компонентів залежить від виду зерна, з якого виготовлена мука.

Класифікація продукції:

Мука поділяється на кілька сортів, залежно від вмісту білка.

Вищий сорт містить близько 10-11% білка.

Перший сорт містить близько 9-10% білка.

Другий сорт містить близько 8-9% білка.

Третій сорт містить близько 7-8% білка.

Умови зберігання продукції:

Мука повинна зберігатися в сухому, прохолодному і добре вентильованому місці. Вологість повітря в місці зберігання муки не повинна перевищувати 70%, а температура повітря - 15-20°C.

Небезпеки, пов'язані з продукцією: Мука може бути заражена шкідниками, такими як пшеничний жук, пшеничний трипс та інші.

Шкідники можуть пошкодити борошно, що може призвести до псування продукту. Мука також може бути заражена небезпечними мікроорганізмами,

такими як Salmonella, E. coli та інші. Ці мікроорганізми можуть викликати харчові отруєння.

### **Крок 3. Визначення очікуваного використання кінцевого продукту**

Цільова аудиторія:

- Споживачі, які купують муку в магазині або замовляють її онлайн.
- Підприємства, які використовують муку для виробництва харчових продуктів.

Спосіб використання:

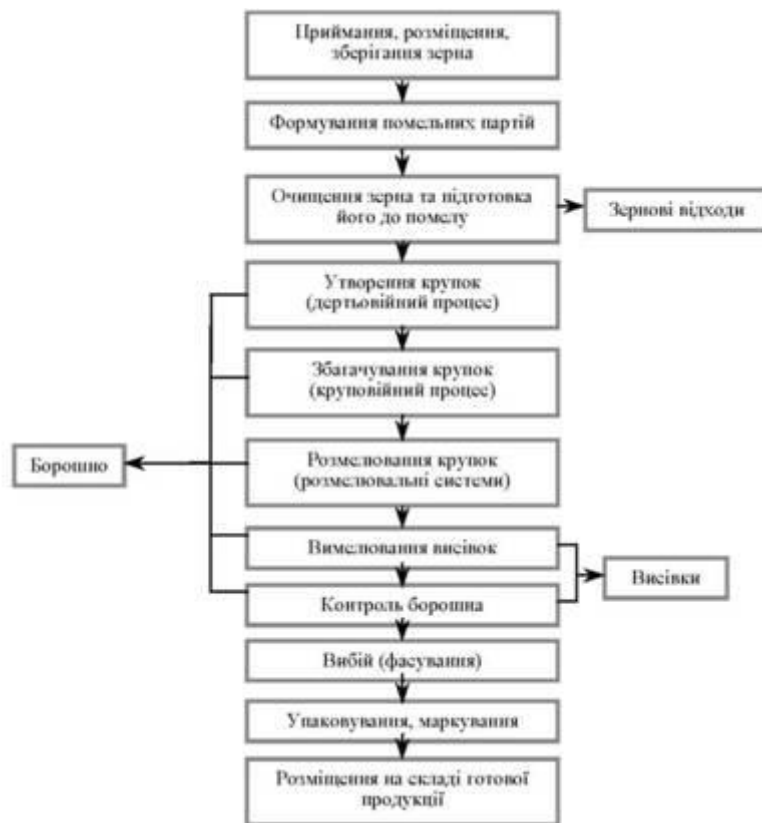
- Мука використовується для приготування хліба, макаронів, тортів, печива та інших виробів.
- Мука може використовуватися в домашніх умовах або в промислових масштабах.

Умови використання:

- Мука зберігається в сухому, прохолодному і добре вентиляваному місці.
- Мука використовується для приготування продуктів, які будуть споживатися протягом декількох днів.

### **Крок 4. Побудова блок-схеми технологічного процесу**

Блок-схема є унікальною для кожного підприємства, в цій роботі використано схему умовного підприємства, технологічну схему якого ми використовуємо для розгляду дослідження.



### Крок 5. Підтвердження схеми технологічного процесу на об'єкті

Після складання блок-схеми вона повинна пройти тестування безпосередньо на робочому місці, оскільки неможливо спочатку врахувати всі чинники, які впливатимуть на виробництво кінцевого продукту. Так, можуть виникнути певні розбіжності при роботі першої та другої зміни. До того ж, застаріла документація може не враховувати нове встановлене обладнання.

На цьому етапі проводиться розгляд виробничих операцій на місці для перевірки точності і закінченості блок-схеми. У разі виявлення будь-яких невідповідностей і непрогнозованих ситуацій в блок-схему вносяться зміни і документально оформляються.

Таке тестування має дуже важливе значення, адже від правильно складеної діаграми процесу буде залежати вся інша ланцюжок кроків.

### Крок 6. Аналіз потенційних небезпек.

Небезпека визначається як біологічний, хімічний або фізичний агент або стан їжі з потенціалом викликати несприятливий вплив на здоров'я. Важливо, що під час аналізу небезпеки слід враховувати ймовірність виникнення

небезпеки та тяжкість небезпеки. Всі небезпеки, які можуть бути присутніми в процесі помелу пшениці, розглядаються в наступних таблицях на різних етапах процесу.

Таблиця Небезпеки, пов'язані з прийомом пшениці і прикладами заходів контролю

Небезпека	Тип	Заходи контролю
Скло, камені, палички, метал, кістки, дерево, шкідливе насіння, пошкоджені зерна, пластик, шматки гуми, пил, волосся, піщані грязьові кульки, фарби, комахи: зернові довгоносики, зернова міль, борошняні та зернові жуки, гризуни, ізоляційний матеріал, фруктові кісточки	Фізичні	Системи очистки, аспіраційні системи, обладнання для видалення каміння та металу, металодетектори, системи контролю шкідників
Залишки пестицидів або важких металів внаслідок промислового забруднення навколишнього середовища.	Хімічні	Вимоги ДСТУ щодо забрудненості
Мікроорганізми: <i>Aspergillus spp.</i>	Біологічні	Зберігати зерно в сухому місці, по

Penicillium spp. (можуть виробляти мікотоксини) Fusarium graminearum (виробляють вомітоксин) Bacillus spp.		можливості аерувати, контролювати температуру і вологість, температура не повинна перевищувати 25 °С, волога не повинна перевищувати специфікації класифікації (13 – 14%)
--	--	---

### **Крок 7. Визначення критичних контрольних точок (ККТ)**

Критичною точкою називається стадія, етап або процес, над якими можна застосувати управління для запобігання, усунення або зменшення до допустимого рівня потенційних ризиків. Є кілька методів для визначення ККТ, наприклад модель «дерева прийняття рішень», розроблена комітетом NASMCF.

Такі критичні точки особливо точно вказують на ті процеси, які вимагають особливої уваги. Кількість ККТ нічим не обмежена і залежить від складності технологічного процесу, властивостей сировини та інших умов.

Завдання групи НАССР – звести кількість ККТ до мінімуму, адже кожна критична контрольна точка вказує на потенційну небезпеку в процесі виробництва.

Основні процеси, на які варто звернути увагу:

- аналіз сировини на присутність залишкових речовин;
- теплова обробка і охолодження;
- контроль складу продукції; дослідження продукту на присутність забруднень, в тому числі металевих.

ККТ можуть бути виявлені на будь-якій стадії, що говорить про можливість їх усунення до початку виробничого процесу шляхом виключення забруднень або відомості небезпеки до допустимого рівня.

### **Крок 8. Встановлення критичних меж для кожної ККТ**

Критичним межею є критерії, які розділяють поняття «допустимий» і «неприпустиме», тобто це максимальний або мінімальний параметр, в межах якого можуть контролюватися біологічні, хімічні або фізичні параметри в конкретній ККТ.

При перевищенні критичної межі, контрольна критична точка вважається вийшла з-під контролю і виникають потенційні ризики.

Встановлювати значення критичні меж необхідно виходячи з нормативно-правових актів, стандартів галузі та наукових даних.

### **Крок 9. Розробка системи моніторингу для кожної ККТ**

В процедуру контролю входять всі спостереження за ККТ для забезпечення відповідності критичним меж. Кращим варіантом є безперервний метод моніторингу, проте в деяких випадках безперервне спостереження не справджується себе з техніко-економічної точки зору, тому допускається проведення періодичних контрольних заходів з частотою, достатньою для управління небезпеками в даній ККТ.

Для оптимізації процедури контролю на кожну ККТ встановлюються такі параметри:

- об'єкт моніторингу;
- методи моніторингу;
- безперервність або періодичність процедур контролю;
- допустима похибка вимірювань;
- відповідальні особи.

### **Крок 10. Розробка плану корекції і коригувальних дій**

Після визначення ККТ і критичних меж, група ХАССП розробляє план коригувальних дій на випадок виникнення відхилень параметрів процесу від критичних меж.

При виявленні невідповідності спочатку проводиться корекція – усунення виявленої небезпеки. Далі, в плані коригувальних дій описуються дії, спрямовані на усунення причин виникли ризиків або іншої невідповідності в критичній контрольній точці.

Такий план по виправленню ситуації на виробництві повинен включати в себе наступні пункти:

- повідомлення про перевищення критичної межі;
- встановлення причин відхилення і усунення виниклої небезпеки;
- визначення способу утилізації неякісної продукції;
- документування вжитих заходів.

#### **Крок 11. Встановлення процедур верифікації (перевірки)**

Процедури перевірки проводяться для того, щоб визначити і підтвердити дієвість плану ХАССП і відповідність системи цим планом. Такі процедури відмінні від методів моніторингу і включають в себе додаткові випробування, процедури і методи тестування.

Розрізняють два типи процедур перевірки:

- верифікація – підтвердження узгодженості з встановленими вимогами шляхом надання фактичних доказів;
- валідація – визначення ступеня відповідності плану ХАССП встановленим вимогам шляхом отримання доказів того, що заплановані операції зможуть забезпечити безпеку харчових продуктів.

Ефективність системи безпосередньо залежить від уміння відповідальної особи вести достовірний і систематичний облік виконання планових заходів. Усі облікові записи повинні бути відкриті для вивчення і ознайомлення для галузі і контрольних інстанцій.

#### **Крок 12. Ведення облікової документації та ревізійні перевірки**

Останній етап розробки плану НАССР передбачає створення актуальною документації, яка підтверджує виконання всіх попередніх кроків. Періодичні ревізії на підприємстві проводяться із застосуванням власних методів, процедур і тестів. В ході таких перевірок визначається відповідність системи планом ХАССП, і, при наявності невідповідностей, вносяться можливі коригування з оновленням облікової документації.

Записи такої документації зазвичай містять такі пункти:

- наказ про призначення групи ХАССП;
- блок-схема технологічного процесу;
- опис сировини, готової продукції і упаковки;
- протокол виявлення ККТ;
- протокол вибору методу моніторингу та розподілу процедур контролю;
- перелік відповідальних осіб.

### **Висновки до розділу 5**

В даному розділі розглянуто основні принципи системи НАССР в розрізі соціально-економічної значущості харчової безпеки при виробництві борошна.

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

### **1. Аналітичний огляд літератури:**

- Досліджено технологічні особливості зерна пшениці, процеси лущення та фактори, що на нього впливають.

- Визначено мучку як об'єкт досліджень процесу лущення.

- Отримано знання про вплив тривалості лущення, зернистості абразивних кругів та вологості зерна на розмір частинок мучки.

### **2. Об'єкти і методи досліджень:**

- Описано об'єкт і предмет досліджень, методи підготовки зерна та проведення експериментів.

- Розроблено методику математичної обробки експериментальних даних.

### **3. Експериментальна частина:**

- Встановлено оптимальні параметри лущення пшениці для отримання мучки з заданими характеристиками.

- Досліджено вплив тривалості лущення, зернистості абразивних кругів та вологості зерна на середній розмір частинок мучки.

- Розроблено математичні моделі для прогнозування впливу цих факторів на розмір частинок мучки.

### **4. Технологічна частина:**

- Науково обґрунтовано та описано технологічний процес переробки зерна в крупи з урахуванням результатів досліджень.

- Проведено розрахунок місткості бункерів, технологічного обладнання зерноочисного та лущильного відділень.

### **5. Соціально-економічна значущість:**

- Описано принципи та кроки впровадження системи НАССР на підприємстві з переробки зерна.

### **Загальні висновки:**

- Дослідження показали, що тривалість лущення, зернистість абразивних кругів та вологість зерна істотно впливають на розмір частинок мучки.

- Розроблено математичні моделі для прогнозування впливу цих факторів на розмір частинок мучки.

- Впровадження системи НАССР на підприємстві з переробки зерна дозволить забезпечити безпечність та якість продукції.

Результати досліджень можуть бути використані для удосконалення технологій переробки зерна пшениці.

### Список використаної літератури

1. Верещинський, О.П. Наукові основи і практика підвищення ефективності сортових хлібопекарських помелів пшениці. Дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук / О.П. Верещинський. – К.: НУХТ, 2013. – 273 с.
2. Давыдов, Р.С. Совершенствование этапа крупобразования сортового помола пшеницы. Дис. на соиск. уч. степени. канд. техн. наук / Р.С. Давыдов. – Одесса: ОНАПТ, 2013. – 184 с.
3. Єремєєва, О. А. Технологічні процеси переробки зерна пшениці в борошно : монографія / О. А. Єремєєва, Є. І. Харченко, В. В. Любич. – К. : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. – 160 с.
4. Ковалев, М. А. Разработка технологи сортового помола пшеницы с применением шелушения зерна. Дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук / М. А. Ковалев. – Одеса: ОНАПТ, 2013. – 199 с.
5. Шутенко, Є. І. Технологія круп'яного виробництва : навч. посібник / Є. І. Шутенко, С. М. Соц. – К. : Освіта України, 2010. – 272 с.
6. Ткаченко А.С. Впровадження системи НАССР для операторів харчових продуктів : Практичний посібник / А. С. Ткаченко, Ю. О. Басова, О. О. Горячова, Л. М. Губа, Н. М. Катеренчук – Полтава : ПУЕТ, 2020. – 138 с.
7. Технологічне обладнання борошномльних і круп'яних підприємств : підручник / О. І. Гапонюк, Л. С. Солдатенко, Л. Г. Гросул, В. Ф. Петько та ін.; під ред. О. І. Гапонюка і Л. С. Солдатенко. – Херсон : ОЛДІ-Плюс, 2018. – 752 с.
8. Якість та облік зерна за приймання, оброблення і зберігання : навч. посіб. / Н. М. Осокіна та ін. – К. : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. – 456 с.
9. Bottega, G., Caramanico, R., Lucisano, M., Mariotti, M., Franzetti, L., Pagani, M.A. (2009). The debranning of common wheat (*Triticum aestivum* L.) with innovative abrasive rolls. *Journal of Food Engineering*, 94, 75–82.

10. George, E., Rentsen, B., Tabil, L.G., Meda, V. (2014). Optimization of wheat debranning using laboratory equipment for ethanol production. *Int. Journal Agric. & Biol. Eng.*, 7(6), 54–66.
11. Dexter, J.E., Wood, P.J. (1996). Recent applications of debranning of wheat before milling. *Trands in Food Science & Technology*, 2(7), 35–41.
12. Kharchenko, Y., Buculei, A., Chorny, V., Sharan, A. (2022). Influence of technical and technological parameters on the barley dehulling process. *Ukrainian Food Journal*, 11(4). – pp. 542 – 557.
13. Mousia, Z., Edherly, S., Pandiella, S.S., Webb, C. (2004). Effect of wheat pearling on flour quality. *Food research international*, 37, 499–459.
14. Lauren Gillion (2005). Developing a generating hazard analysis critical control point (HACCP) system for the flour milling industry. University of the Western Cape, 212.
15. Pasha, I., Anjum, F.M., Morris, C.F. (2010). Grain hardness a major determinant of wheat quality. *Food Science and Technology International*, 16(6), 511–522.

## ДОДАТКИ

### 1. Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті"

Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 3–7 квітня 2023 р. – Київ: НУХТ. – Ч.1.

#### 3. Особливості вибору зерносушарок

Олександр Ліпінський

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** При виборі зерносушильного обладнання, ключовим є питання коректного розуміння задач, які будуть вирішуватись: орієнтовну кількість зерна, що буде надходити протягом однієї доби; культури, котрі будуть надходити на доробку; середні вологості культур в регіоні встановлення обладнання, за попередні 5 років; паливо, яке буде використовуватись; місце розташування обладнання.

Стартовою точкою вибору, є кількість зерна, що надходитиме на доробку.

Якщо кількість зерна незначна, до 100-300 тон, хорошим рішенням будуть мобільні порційні зерносушарки. Їх сильними сторонами є мобільність, відсутність необхідності проведення будівельних робіт. До слабких сторін можна віднести підвищене травмування зерна, за рахунок його постійного механічного перенесення (шнеки, норії), втрата ефективного часу, що витрачається на завантаження – розвантаження сушарки. Якщо ж кількість зерна значна, єдиним правильним рішенням є вибір сушарки проточного типу. Культури, що надходять на доробку. Ключовим є питання, чи в циклі роботи підприємства присутні олійні культури чи ні. Це пов'язано з їхньою підвищеною пожежонебезпечністю. В разі, якщо буде необхідність в їх доробці – обладнання повинне бути або без системи рекуперації, або мати можливість її відключення. Система рекуперації дає можливість економити до 25% палива, тож оптимальним рішенням є сушарки з нею та можливістю її відключення.

**Матеріали і методи.** Дослідження проведені на сушарці BROCK Meyer 2400S.

Важливим є максимально можлива вологість зерна, що буде надходити для доробки.

Для зерна допустиме зняття 8 % вологості за один прохід. Проте в умовах бажання отримання максимально можливого прибутку це правило порушується. Можливе зняття більше 8 % за один прохід. В цьому випадку важливим є те, чи обладнання може це дозволити. зерносушарки баштового та модульного типу, такі як BROCK, AGI, Sukur, а також їхні копії українського та турецького виробництва, не дозволяють роботу з вологістю понад 24 % без значної втрати в якості продукту. Зерно, яке перебуває поряд з внутрішньою стінкою зернового стовпа, пересушується, а те, що знаходиться ближче до зовнішньої стінки – навпаки не досушується.

**Результати.** Дослідженнями встановлено, що в сушарці BROCK Meyer 2400S при надходженні кукурудзи 27 %, вологість зерна на вивантаженні з сушарки складала, поряд з внутрішньою стінкою 9 %, а поряд з зовнішньою стінкою – 22 %. В процесі вивантаження та перемішування в транспортному обладнанні, та подальшому зберіганні, вологість зернової маси вирівнюється, проте процеси в зернинках висушених до 9 % не зворотні, і таке зерно класифікується відповідно до ДСТУ 4525:2006, як пошкоджене сушінням. Практичним рішенням цього питання є значне пониження робочої температури агента сушіння, з 110 градусів до 85 градусів, проте це згубно впливає на продуктивність обладнання.

**Висновки.** Сушарки шахтного типу, за рахунок якісного перемішування зерна, позбавлені такого негативного явища. Якісне обладнання такого типу, представлені виробниками Stela, Strahl, Buller, KM3.

## 8. Технологічні властивості зерна пшениці при вивченні процесу лущення

Олександр Ліпінський, Євген Харченко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Встановлення залежностей між різними параметрами процесу лущення є однією із важливих наукових проблем, вирішення якої дозволяє моделювати процес лущення. Мучка, яка утворюється в процесі лущення є відходами виробництва і може нести важливу інформацію про залежності фізичних явищ, які відбуваються при різанні гострими кромками абразивних поверхонь поверхні зерен із умовами процесу лущення, властивостями зерна, геометрією абразивних поверхонь, режимами лущення та іншими параметрами.

**Матеріали і методи.** Для досягнення поставлених задач використовувалося зерно пшениці. Для прив'язки основних показників якості до параметрів процесу лущення досліджувалися найбільш важливі показники зерна за загальноприйнятими стандартизованими методиками.

**Результати.** Дослідженнями були встановлені значення основних показників якості зерна пшениці, які наведено в таблиці.

Таблиця 1 - Основні показники якості зерна пшениці

Показник якості	Значення
Натура зерна, г/л	746,8±1,59
Вологість зерна, %	13,7±0,06
Скловидність зерна, %	23,2±2,6
Маса 1000 зерен, г	40±0,2
Маса 1000 зерен на сухій речовині, г	34,5±0,2

Отримані значення показників якості дають загальні уявлення про використане зерно пшениці. Найбільш важливе значення має маса 1000 зерен та маса 1000 зерен на сухій речовині. Ці два показники достатньо точно характеризують крупність зерна. Маса 1000 зерен в меншій мірі піддається впливу інших факторів ніж натура зерна, тому і більш точніше характеризує крупність зерен. Вологість зерна впливає на процес лущення через структурно-механічні властивості зерна, які змінюються зі зміною вологості зерна. Але все ж таки вологість зерна не є прямим показником, який безпосередньо впливає на процес лущення. Скловидність зерна також є одним із другорядних показників зерна, які впливають на структурно-механічні властивості зерна. Скловидність зерна є характеристикою консистенції ендосперму зерна пшениці, але в той же час прямо не говорить про структурно-механічні характеристики ядра, наприклад такі як пружність або міцність.

Вологість та скловидність зерна можуть мати безпосередній вплив на характеристики утвореної мучки. Це припущення підлягає дослідженню в рамках даної наукової роботи.

**Висновки.** Отримані показники якості зерна пшениці будуть використані для оцінки встановлення впливу на характеристики утвореної мучки, а саме її крупності.

### Література

1. Kharchenko Y., Sharan A., Chomyi V., Yermeeva O. (2018) Effect of technological properties of pea seeds and processing modes on efficiency of its dehulling. *Ukrainian Food Journal*, 7(4), 2018. – p. 589-604.

## 2. Технологічна схема

