

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології зберігання і переробки зерна

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)
Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО

«До захисту допущено»

В. о. завідувача кафедри
Тетяна ЯНЮК

«__» _____ 2025 р.

«__» _____ 2025 р.

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 впливу кількості битого зерна пшениці
на ефективність його лушення»

Виконала: здобувачка 2 курсу, групи ТЗ-2-6М Косюк Ольга Юріївна
(прізвище ім'я по батькові)

Керівник _____
(підпис) Харченко Євген Іванович
(прізвище ім'я по батькові)

Рецензент _____
(підпис) _____
(прізвище ім'я по батькові)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2025 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»
Освітньо-професійна програма Технології зберігання і переробки зерна
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри
технології зберігання і
переробки зерна

Тетяна ЯНЮК

“ _____ ” _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Косюк Ольги Юріївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження впливу кількості битого зерна пшениці на ефективність його лущення»
керівник роботи Харченко Євген Іванович, к.т.н., доцент,
затверджені наказом вищого навчального закладу від “10” 10 2025р. №832-кв
2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2025 р
3. Вихідні дані до роботи: зерно пшениці
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Розділ 1. Аналітичний огляд літератури; Розділ 2. Об'єкти та методи досліджень; Розділ 3. Експериментальна частина; Розділ 4. Технологічна частина; Розділ 5. Застосування принципів НАССР; Загальні висновки. Список використаної літератури. Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 05.09.2025р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапі виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація	11.10.2025	Виконано
2	Зміст	11.10.2025	Виконано
3	Вступ	11.10.2025	Виконано
4	Аналітичний огляд літератури	13.10.2025	Виконано
5	Об'єкти і методи досліджень	21.11.2025	Виконано
6	Експериментальна частина	14.11.2025	Виконано
7	Технологічна частина	18.11.2025	Виконано
8	Застосування принципів НАССР	23.11.2025	Виконано
9	Загальні висновки	30.11.2025	Виконано
10	Список використаної літератури	02.12.2025	Виконано
11	Додаток	02.12.2025	Виконано

Здобувачка _____

Ольга КОСЮК

Керівник роботи _____

Євген ХАРЧЕНКО

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота присвячена дослідженню впливу вмісту битого зерна пшениці на ефективність лушення.

В першому розділі проведено аналітичний огляд літературних та інтернет джерел з питань лушення пшениці. Розглянуто властивості зерна та фактори, які впливають на ефективність лушення зерна.

В другому розділі наведено об'єкти і методи досліджень. Описано методики, які були використані під час досліджень, а також наведено методики математичної обробки експериментальних даних.

В третьому розділі представлено результати дослідження показників якості зерна пшениці, яка була використана для досліджень; впливу швидкості обертання робочих органів лушильника на ефективність лушення; вплив періодичності на індекс лушення пшениці; вплив битого зерна пшениці на ефективність лушення.

В четвертому розділі наведено опис технологічного процесу лушення. Розраховано вихід продукції; підібрано та розраховано основне технологічне обладнання.

В п'ятому розділі проведено аналіз ризиків у відповідності до системи якості НАССР.

Ключові слова: зерно пшениці, вплив битих зерен, лушення, рівняння регресії, ефективність лушення, якість зерна.

ABSTRACT

The master's thesis is devoted to studying the effect of broken wheat grain content on husking efficiency.

The first chapter provides an analytical review of literature and online sources on wheat husking. It examines the properties of grain and factors that affect the efficiency of grain husking.

The second chapter presents the research objects and methods. It describes the methods used in the research and provides methods for mathematical processing of experimental data.

The third chapter presents the results of research on the quality indicators of the wheat grain used for research; the influence of the rotation speed of the working parts of the husker on the efficiency of husking; the influence of periodicity on the wheat husking index; the influence of broken wheat grain on the efficiency of husking.

The fourth chapter describes the technological process of husking. The output is calculated; the main technological equipment is selected and calculated.

The fifth chapter analyses the risks in accordance with the HACCP quality system.

Keywords: wheat grain, impact of broken grains, husking, regression equation, husking efficiency, grain quality.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1	12
АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	12
1.1 Характеристика зерна пшениці як об'єкт процесу лушення	12
1.2 Вплив сировинних факторів на ефективність лушення	16
1.3 Методи та технології лушення	19
1.4 Вплив режимів роботи обладнання на результат лушення	21
1.5 Утворення битого зерна: причина та наслідки	23
1.6 Недостатньо вивчені аспекти та напрямки майбутніх досліджень	26
Висновки до розділу 1	27
РОЗДІЛ 2	29
ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	29
2.1 Об'єкт та предмет досліджень	29
2.2 Підготовка зерна пшениці до досліджень	29
2.3 Методика проведення лушення зерна пшениці	30
2.4 Методика математично-статистичного аналізу експериментальних даних	31
Висновки до розділу 2	35
РОЗДІЛ 3	36
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	36
3.1 Показники якості зерна пшениці	36
3.2 Вплив швидкості обертання робочих органів лушильника на ефективність лушення	36
3.3 Вплив періодичності обробки на ефективність лушення	41
3.4 Вплив кількості битого зерна пшениці на ефективність лушення ..	42
Висновки до розділу 3	44
РОЗДІЛ 4	45
ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	45
4.1 Наукове обґрунтування технологічного процесу	45

4.2 Розрахунок виходу продукції	49
4.3 Розрахунок та підбір обладнання	52
Висновок до розділу 4	55
РОЗДІЛ 5.....	56
ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ НАССР	56
5.1 Інформація про продукт.....	56
5.2 Аналіз ризиків при виробництві крупів пшеничних	58
5.3 Оформлення НАССР-плану для виробництва безпечного продукту	67
Висновки до розділу 5	67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	69
ДОДАТОК А. ПРОЦЕДУРИ МОНІТОРИНГУ ТА КОРИГУВАЛЬНІ ДІЇ ДЛЯ ОБРАНИХ ККТ ТА ОПП	71
ДОДАТОК Б. НАССР-ПЛАН ВИРОБНИЦТВА КРУПІВ ПШЕНИЧНИХ	74
ДОДАТОК В. ОПУБЛІКОВАНІ ТЕЗИ	76

ВСТУП

Зернопереробна галузь України традиційно відіграє провідну роль у структурі агропродовольчого сектору, забезпечуючи як внутрішні потреби населення, так і формуючи значну частку експортного потенціалу країни. Пшениця є однією з головних культур, що визначає обсяги виробництва борошна, комбікормів та круп'яної продукції. У зв'язку з постійним зростанням вимог до якості харчових продуктів, ефективності технологічних процесів та економічності виробництва, підвищується значення досліджень спрямованих на оптимізацію операції, які безпосередньо впливають на кінцевий результат переробки. Однією з таких операцій є лушення зерна – технологічний етап, що формує основу для отримання високоякісної крупи, визначають рівень втрат цінних частин ядра та ступінь використання енергетичних ресурсів.

Процес лушення є однією з ключових технологічних операцій у переробці зерна пшениці, оскільки саме від його ефективності значною мірою залежить не лише вихід готових крупів, але й стабільність роботи обладнання, рівень утворення побічних продуктів, фракційність відходів та відповідність продукції нормативним показникам. Важливим чинником, який може впливати на ефективність лушення, є фізичний стан зернової маси, зокрема наявність у ній битих зерен. Бите зерно має порушену структуру оболонки, іншу міцність та змінену поведінку під час контакту з робочими органами луцильних машин. Накопичення таких зерен у партії сировини здатне спричинити збільшення витрат цінних частин ядра, надмірного подрібнення, нерівномірного відділення оболонок і погіршення якості крупи, що є критично важливим для підприємств круп'яної промисловості.

Виробничі підприємства сьогодні працюють в умовах підвищеної конкуренції, необхідності енергозбереження та оптимізації сировинних ресурсів. Стан зернової маси, включно з вмістом битого зерна, може істотно впливати на стабільність роботи луцильних машин і якість отриманих крупів. Навіть незначне збільшення вмісту битого зерна може призвести до

підвищення утворення дрібних відходів, нерівномірного відділення оболонки, руйнування ядра та зниження виходу готової продукції. Це створює потребу у детальному вивченні впливу вмісту битого зерна на ефективність лушення.

Незважаючи на практичну значущість цього питання, вплив саме вмісту битого зерна у партії пшениці на показники лушення залишається недостатньо дослідженим. Виробничі підприємства часто стикаються з технологічними проблемами, коли реальна структура зернової маси відрізняється від оптимальної, що призводить до підвищення втрат, погіршення гранулометричного складу крупів та необхідності коригування режимів роботи обладнання. Встановлення закономірностей впливу вмісту битого зерна на процес лушення дозволить виробникам краще планувати технологічні параметри та прогнозувати ефективність переробки.

Процес лушення потребує точного регулювання параметрів обладнання: сили впливу робочих органів, швидкості обертання, тривалості обробки та інтенсивності контакту матеріалу з робочими елементами. Вміст битого зерна змінює оптимальні межі цих параметрів, оскільки пошкоджене зерно реагує на механічний вплив інакше, ніж цілі зерна. Це створює необхідність у проведенні експериментальних досліджень, які дозволяють встановити вплив різного вмісту битого зерна на якість лушення та утворення відходів.

Крім того, сучасні тенденції до ресурсозбереження та мінімізації технологічних втрат підвищують значущість цього дослідження. Раціональне врахування вмісту битого зерна у партії пшениці дозволяє підвищити продуктивність лущильного обладнання, стабілізувати якість крупів, зменшити втрати цінних частин ядра та забезпечити стабільність виробничого процесу. Отримані результати матимуть практичне значення для оптимізації технологічних схем крупозаводів та впровадження сучасних підходів до управління якістю сировини.

Актуальність теми зумовлюється необхідністю підвищення продуктивності зернопереробних підприємств, удосконалення технологічних

параметрів процесу, зменшення втрат та забезпечення стабільної якості круп'яної продукції.

Мета дослідження – встановити вплив вмісту битого зерна пшениці у початковій партії на ефективність її лущення.

Для досягнення мети необхідно виконати такі завдання:

- Дослідити показники якості зерна пшениці, яке піддається лущенню;
- Дослідити ефективність лущення при різних обертах лущильника;
- Дослідити вплив періодичності обробки на ефективність лущення;
- Дослідити вплив вмісту битого зерна пшениці на ефективність лущення;
- Опрацювати експериментальні дані за допомогою математичної обробки.

Наукова новизна роботи. Вперше встановлено закономірність впливу кількості битого зерна пшениці на ефективність її лущення, зокрема зміни виходу цільного ядра, утворення відходів та ступеня руйнування оболонки при різному складі партії сировини. Виявлено, що збільшення частки битого зерна призводить до підвищення утворення дрібних фракцій та зниження рівномірності вилучення оболонки, а його вплив посилюється при підвищенні швидкості обертання робочих органів та завантаження камери лущильника.

Практичне значення результатів досліджень. На основі експериментальних даних встановлено оптимальні межі вмісту битого зерна в партії пшениці, за яких забезпечується найвищий вихід цільного ядра та мінімальні втрати у вигляді дрібних фракцій. Рекомендовано адаптувати режими роботи лущильника залежно від фактичної частки битого зерна, зокрема коригувати швидкість обертання робочих органів та рівень завантаження.

Особистий внесок здобувача. Магістрантка здійснювала експериментальні дослідження, проводила обробку отриманих даних та формувала висновки щодо результатів аналізу. Підсумки виконаних досліджень обговорювались спільно з науковим керівником.

Структура та об'єм магістерської роботи. Кваліфікаційна робота містить вступ, 5 розділів та загальні висновки. Загальний обсяг тексту становить 86 сторінок машинописного тексту, включає 7 рисунків та 25 таблиць. Список використаних літературних джерел налічує 14 бібліографічних позицій.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Характеристика зерна пшениці як об'єкт процесу лущення

Зерно пшениці як об'єкт технологічної обробки є складною багатофункціональною біологічною системою, яка поєднує в собі різні за будовою та властивостями структурні елементи. Сукупність цих компонентів визначає реакцію зернини на механічний вплив, ефективність руйнування оболонок, втрати ядра під час лущення та загальну якість кінцевого продукту. Тому фізико-механічні характеристики пшениці є ключовими факторами, що формують поведінку зернової маси у технологічних процесах первинної та вторинної переробки.

У виробничих умовах зерно надходить у вигляді неоднорідної суми, що відрізняється за розміром, масою, твердістю, формою та ступенем дозрівання. Кожен із цих параметрів впливає на здатність оболонок до відокремлення та на стійкість ендосперму до механічних навантажень. Навіть незначні відмінності у структурі клітинних шарів можуть спричинити істотні коливання у продуктивності обладнання, виході побічних фракцій або кількості битих зерен. Тому для правильної оцінки технологічної придатності конкретної партії пшениці необхідно врахувати комплекс її природних властивостей, сформованих під впливом сорту, умов вирощування, збирання та зберігання.

Особливо важливим є розуміння того, що процес лущення відбувається на межі двох різних за міцністю та анатомічною організацією частин – твердої оболонки та більш крихкого ядра. Ефективність технологічної операції залежить від того, наскільки легко відділити оболонкові шари без пошкодження ендосперму. Будь-які морфологічні особливості, такі як товщина оболонки, її однорідність, ступінь зчеплення з алейроновим шаром чи наявність мікротріщин, визначають необхідну інтенсивність обробки та рівень механічного навантаження, який має бути застосований.

У цьому контексті фізико-механічні властивості зерна – твердість, вологість, форма, поверхнева цілісність – виступають критичними технологічними параметрами. Саме вони визначають опір зернини стисканню та абразивному впливу, здатність до деформації, швидкість руйнування оболонок та схильність ендосперму до розколювання. Знання цих властивостей дозволяє оптимізувати режими роботи луцильного обладнання, мінімізувати втрати та забезпечити стабільність технологічного процесу.

Зерно пшениці характеризується складною анатомічною структурою, яка сформована для забезпечення захисту зародка та підтримання життєдіяльності насіння під час зберігання та проростання. Його морфологічна організація формувалась тисячоліттями, а сучасна технологічна наука розглядає кожен елемент будови не лише з ботанічної точки зору, але й як об'єкт з конкретними функціональними властивостями у виробничих процесах. Найзагальніше зерно поділяють на оболонку та ядро, кожна з цих частин має власну структуру, хімічний склад і технологічну роль.

Оболонка – це захисний комплекс шарів, що оточує внутрішні частини зерна. Вона виконує одразу декілька завдань: захищає зародок та ендосперм від механічних впливів, регулює обмін вологи, обмежує проникання патогенних мікроорганізмів і бере участь у формуванні лежкості зерна під час зберігання. Оболонка складається з кількох шарів, які відрізняються густиною клітинних стінок, їх мінералізацією та товщиною.

До зовнішнього комплексу шарів належить плодовий шар, який утворює первинний захист і містить клітини з потовщеними оболонками, що додають зерну міцності. Під ним розташований насінневий шар, клітини якого мають більш тонкі стінки, але забезпечують додатковий бар'єр проти надмірної вологи та кисню. Найбільш технологічно значущим вважається алейроновий шар. Він розташований ближче до ендосперму та має підвищений вміст білка, ферментів і мінералів. Під час обробки алейрон часто частково відділяється разом з оболонками, що безпосередньо впливає на харчову цінність висівок та характеристики борошна.

Структура оболонок нерівномірна за товщиною: зазвичай їх більше з боку спинки зернини і менше – в зоні борозенки. Саме ця особливість визначає неоднакову стійкість різних ділянок зерна до механічної дії під час луцення, шліфування або помелу.

Ядро складається з двох основних компонентів – ендосперму та зародка. Ендосперм є найбільшою частиною зернини й містить запас поживних речовин, які потрібні проростку на початкових етапах розвитку. Основу ендосперму формують крохмальні зерна, вміщені у білкову матрицю. Саме співвідношення цих двох компонентів визначає склоподібність або борошністість ендосперму – властивість, яка має прямий вплив на енергозатрати під час луцення і якість кінцевої продукції.

Білкова матриця ендосперму має неоднорідну структуру: у периферійних зонах білкові речовини розташовані більш щільно, а ближче до центру їх концентрація зменшується. Така будова пояснює, чому інтенсивність руйнування ендосперму під час механічної дії різниться залежно від напрямку навантаження.

Зародок – це жива біологічна частина зернини, яка містить жири, білки та ферменти, необхідні для початку проростання. Його анатомічне розташування з одного боку зернини робить зерно асиметричним щодо міцності. Зародок має меншу механічну стійкість, тому при неправильному режимі луцення або надмірному ударному навантаженні може відділятися або пошкоджуватися, що знижує вихід цілого ядра та погіршує якість круп'яної продукції.

Розподіл структурних елементів у зерні формує його здатність протистояти зовнішнім діям. Товщина оболонок, їхня щільність та ступень мінералізації визначають, наскільки інтенсивним має бути вплив робочих органів луцильних машин. Ендосперм із високою твердістю та рівномірною будовою легше переносить механічне оброблення, тоді як борошністий тип ендосперму сприяє підвищенню частки битих частинок.

Співвідношення анатомічних частин зерна пшениці у % до сухою маси[4]наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Співвідношення анатомічних частин зерна пшениці, в % до сухої маси [4]

Частини зерна	Пшениця
Оболонки:	
- плодові	3,5...4,4
- насіннєві	2,5...4,5
Всього	5,6...8,9
Ендосперм:	
- алейроновий шар	6,3...8,9
- крохмалистий ендосперм	77,0...85,0
Всього	83,5...92,0
Зародок зі щитком	1,4...3,8

Вміст основних хімічних речовин у зерні пшениці у% до сухої маси[4] наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Вміст основних хімічних речовин у зерна пшениці, в % до сухої маси [4]

Показники	Пшениця
Білок	10,0...25,0
Крохмаль	60...75
Клітковина	2,0...3,0
Жири	2,0...2,5
Зольність	1,5...2,2

Під час луцення необхідно враховувати взаємодію між оболонками та ядром. Якщо оболонки недостатньо еластичні чи зневоднені, вони тріскаються нерівномірно, що призводить до пошкодження ядра. Навпаки, надмірне зволоження робить їх пластичними, але знижує ефективність відокремлення, тому необхідно знайти оптимальний баланс.

Фізико-механічні властивості зерна є ключовими показниками, що визначають його реакцію на механічний вплив у процесі луцення. До найбільш важливих належать твердість, вологість, форма та ступінь пошкоженості. Комбінація цих властивостей формує технологічну поведінку зернівки, рівень стійкості до стирання та ймовірність утворення битих зерен.

Твердість зерна визначає опір ендосперму та оболонки механічному руйнуванню. У твердих сортів пшениці оболонки міцніші з'єднані з ядром, а білково-крохмальна матриця ендосперму є щільнішою. Такі зерна вимагають більшої інтенсивності механічного впливу, що підвищує ризик розколювання ядра. У м'яких сортів міцність значно нижче, що полегшує лушення, але може збільшувати втрати через стирання поверхневих шарів.

Вологість є одним із найважливіших технологічних параметрів. При підвищенні вологості оболонки стають еластичнішими, а ендосперм менш крихким. Це може зменшувати утворення битих зерен, але одночасно ускладнює відокремлення оболонки. Надмірно сухе зерно, навпаки, стає ламким, що призводить до інтенсивності руйнування ядра при механічному впливі.

Геометричні параметри визначають рівномірність обробки та контакту з робочими органами лушильного обладнання. Дрібні зернини швидше руйнуються, тоді як крупні потребують тривалішої обробки. Нерівномірність за розміром у партії сировини призводить до неоднакової інтенсивності лушення та появи надмірно пошкоджених фракцій.

Мікротріщини, порушення цілісності оболонки чи частково зруйнований ендосперм суттєво знижують здатність зернини витримувати механічний тиск. Таке зерно швидше руйнується, підвищуючи частку битих зерен у продукті. Пошкодження можуть виникати на етапах збирання, транспортування або сушіння.

1.2 Вплив сировинних факторів на ефективність лушення

Процес лушення пшениці належить до тих технологічних операцій, ефективність яких значною мірою визначається властивостями сировини. Характеристика зернової маси, її структурні, фізичні та якісні параметри формують умови руйнування оболонки, збереження цілісності ядра та одержання стабільного технологічного результату. Оскільки оболонка та ендосперм мають різну міцність, пористість, водопоглинання та ступінь

зв'язаності тканин, навіть незначні зміни у морфологічних чи якісних показниках партії зерна можуть суттєво позначитися на виході та якості продукту лушення.

У цьому підрозділі розглянуто ключові сировинні фактори, що визначають поведінку зерна під час лушення, зокрема вологість, сортову специфіку, склоподібність, а також особливості впливу битого зерна на показники процесу.

Вологість зерна є одним з основних показників, який суттєво впливає на характер взаємодії зерна з робочими поверхнями луцильних машин. Оптимально підготовлене зерно характеризується таким рівнем зволоження, за якого оболонка частково втрачає міцність, але центр зернини не переходить в надмірно пластичний стан. Таким чином, правильна регуляція вологості перед лушенням є важливою умовою зниження кількості битого зерна та підвищення технологічного виходу цілого ядра.

Сортові особливості пшениці визначають механічну поведінку зерна через низку природних властивостей - товщину оболонок, ступінь зв'язності алейронового шару з ендоспермом, геометричні параметри зернини та рівень її зрілості. Тверді сорти, як правило, мають більш міцну структуру та щільні оболонки, що вимагає більших енергетичних навантажень під час лушення. У м'яких сортів оболонка тонша, що сприяє легшому її руйнуванню, проте такі сорти часто більш чутливі до пошкодження ядра. Внаслідок цього ефективність лушення різних сортів суттєво відрізняється і потребує індивідуального підбору режимів та інтенсивності обробки.

Склоподібність зерна відіграє визначальну роль у формуванні характеру його руйнування. Склоподібні зразки відрізняються більш щільною структурою, що зумовлює стійкість до механічного стирання і потребує підвищених навантажень для руйнування оболонки. У менш склоподібного зерна ендосперм крихкіший, що полегшує поділ на компоненти, але водночас підвищує ризик дроблення центру. Таким чином, ступінь склоподібності визначає баланс між силою впливу на оболонку та необхідністю зберегти

цілісність ядра, тому повинен враховуватись при виборі технологічних параметрів лушення.

Наявність битого зерна сировинні партії є одним з ідентифікаторів її первісної якості та історії попереднього технологічного чи механічного впливу. Биті зернини відрізняються ослабленою структурою, порушенням цілісності оболонкових шарів та більшою схильністю до повторного руйнування під час лушення. Якщо їх частка висока, це істотно змінює поведінку цієї маси зерна у робочій камері лущильної машини.

Підвищений вміст битого зерна викликає низку негативних наслідків, а саме:

- посилення утворення дрібних фракцій, що зменшує вихід цілого зерна;
- зміна інтенсивності взаємодії частинок в робочій зоні, оскільки дрібні фрагменти створюють додатковий тертя та зношування;
- погіршення якості кінцевого продукту, оскільки биті зерна мають інші структурні характеристики, і прилущенні вони не формують бажаної фракції цілого ядра;
- ускладнення розподілу матеріалу за розмірами, що зменшує ефективність операційних систем після лушення.

У технологічному аспекті кількість битого зерна значною мірою визначає оптимальні режими машини. За високої його частки потрібно знижувати інтенсивність механічної дії, коригувати час обробки або інші параметри, щоб мінімізувати подальше руйнування. Навпаки, якщо партія відрізняється низькою кількістю пошкоджених зернин, можливе використання більш енергоємних режимів без ризику суттєвого знищення якості ядра.

Таким чином, вміст битого зерна є критичним фактором, що відображає як попередній стан сировини, так і майбутню результативність процесу. Його контроль дозволяє прогнозувати вихід цінної фракції, оптимізувати режими роботи обладнання та знижувати втрати під час лушення.

1.3 Методи та технології лушення

Лушення зерна є важливою частиною технологічного процесу первинної переробки, оскільки дозволяє видалити зовнішні оболонки, що не мають харчової цінності або знижують якість подальших продуктів переробки. Основною метою цього етапу є отримання ядра зі збереженням його структури та харчових властивостей, а також формування необхідних показників крупи, борошна чи інших продуктів переробки. Від якості лушення залежить як харчова, так і технологічна цінність готової продукції.

Процес лушення відноситься до механічних операцій, у яких оболонки відокремлюються внаслідок дії сил різної природи. На характер перебігу цього процесу впливають такі фактори, як міцність зчеплення оболонок з ядром, ботанічна будова зерна, його вологість, розміри, твердість та підготовленість до технологічного впливу. Тому перед лушенням зерно зазвичай піддають сортуванню та кондиціонуванню, що забезпечує стабільність результатів та знижує втрати ядра.

У промислових умовах для лушення використовують широкий спектр машин, робочі органи яких створюють різні види механічного впливу. Кожна група технологій забезпечує власний механізм відокремлення оболонок – шляхом тертя, стирання, раздавлювання або поєднання декількох видів навантаження. Вибір конкретної технології залежить від виду зерна, необхідного ступеня лушення та вимог до фракційного складу продукції.

Сучасні виробничі лінії часто передбачають багатостадійне очищення оболонок, у якому окремі способи лушення поєднуються або застосовуються послідовно. Така організація процесу дозволяє рівномірно знімати шари оболонок, мінімізувати подрібнення ядра та оптимізувати витрати енергії. Використання комбінованих рішень також забезпечує вищий вихід основної фракції та зменшення відходів порівняно з одноетапним впливом.

Ефективність технології лушення визначається не лише якісними показниками продукції, але й техніко-економічними параметрами роботи

обладнання. До ключових критеріїв відносять ступінь звільнення ядра від оболонки, кількість отриманого цілого ядра, рівень пошкодження частинок, енергоспоживання та продуктивність машин.

Технології лущення зерна ґрунтуються на різних видах механічного впливу, які забезпечують поступове або інтенсивне відокремлення поверхневих шарів оболонки. Одні способи переважно працюють за рахунок тертя, інші – за рахунок стискання чи зсуву. Кожен метод має свій власний принцип роботи та конструктивні особливості обладнання.

Абразивне лущення базується на використанні робочих органів із шорсткою поверхнею, які створюють контактне стирання оболонки. Під час обробки зерно взаємодіє з абразивною поверхнею або між собою в умовах обмеженого простору. Внаслідок цього відбувається контрольоване знімання зовнішніх шарів. У таких машинах важливе значення має характер поверхні робочого органу, швидкість його обертання та час перебування зерна в робочій камері. Абразивні установки дозволяють регулювати інтенсивність впливу, що робить їх придатними як для часткового, так і для глибшого лущення.

Ротаційне лущення передбачає вплив швидко обертових елементів, які створюють динамічні навантаження у вигляді ударів та інтенсивного тертя. У таких апаратах зерно піддається повторним зіткненням із лопастями решітками або стінками робочої зони. Цей механізм сприяє зняттю оболонки за короткий проміжок часу, особливо тоді, коли оболонки мають слабку зчепленість із поверхнею ядра. Робочий режим таких машин визначається швидкістю обертання ротора та конфігурацією робочого простору, що дозволяє адаптувати їх під різні типи зернової сировини.

Вальцьове лущення здійснюється за рахунок стиснення та зсувних навантажень між двома валками. Поверхні вальців можуть бути рифленими або гладкими, залежно від характеру оброблюваної сировини. У процесі проходження зерна через зазор між валками оболонка відокремлюється шар за шаром на фоні помірного деформування ядра. Регулювання ширини зазору та швидкісної різниці валків дозволяє встановлювати оптимальний режим

роботи, який мінімізує руйнування ядра. Такий метод часто використовують у технологічних лініях, де потрібно делікатна обробка зерна.

Комбіноване лушення поєднує в собі декілька типів механічного впливу, що дозволяє підвищити керованість процесу та отримати більш стабільні результати. Найчастіше комбінують абразивні і ротаційні або абразивні і вальцові дії, щоб забезпечити поступове послаблення оболонок із подальшим їх повним зняттям. Такі технологічні рішення застосовують у випадках, коли потрібно обробляти зерно із складною структурою оболонок або досягати вищої частоти ядра. Послідовне поєднання різних режимів дозволяє оптимізувати роботу обладнання і зменшити втрати продукту.

Оцінюючи різні способи лушення доцільно враховувати не лише ступінь зняття оболонок а й рівень збереження цілісності ядра стабільність технологічних параметрів та адаптивність до різних типів зернової сировини кожен метод забезпечує власне поєднання інтенсивності впливу та енергетичних витрат що формує різні категорії ефективності.

1.4 Вплив режимів роботи обладнання на результат лушення

Ефективність лушення зерна пшениці значною мірою визначається не лише властивостями сировини, але й параметрами роботи машин, у яких відбувається механічне руйнування оболонок. Режими функціонування обладнання формують інтенсивність взаємодії між зерниною та робочими органами, впливаючи на ступінь відокремлення оболонок, збереженість ядра, рівномірність процесу та енерговитрати. В умовах сучасного виробництва, де прагнуть мінімізувати втрати й водночас забезпечити стабільну якість, оптимізація параметрів роботи машин стає ключовим фактором технологічної ефективності. Особливо це важливо при переробці неоднорідних партій сировини, у тому числі таких, що містять різну кількість битих зерен.

Одним із визначальних параметрів є швидкість обертання робочих органів, яка задає інтенсивність механічного впливу на зернину. Зі збільшенням швидкості зростає енергія контакту та сила тертя, що прискорює

руйнування оболонки. Однак надмірне підвищення швидкості призводить до утворення додаткових мікротріщин у ядрі, збільшення кількості відколів та зростання частки дрібної фракції. Таким чином, швидкість обертання визначає баланс між продуктивністю та делікатністю обробки.

Не менш важливу роль відіграє ступінь завантаження робочої камери. При надмірному її заповненні зменшується інтенсивність взаємодії зернин з абразивними елементами та зростає хаотичність руху маси, що знижує однорідність лушення. В разі недостатнього завантаження процес стає занадто енергоємним, а зерно зазнає надмірного впливу, що збільшує ймовірність механічних пошкоджень ядра. Оптимальне завантаження забезпечує стабільний контакт та рівномірну дію механічних сил.

Тривалість перебування зерна в робочій зоні визначає глибину зняття оболонки. Чим довше триває обробка, тим повніше руйнуються зовнішні шари, однак із певного моменту посилюється небажане ушкодження ендосперму. Тривалість обробки також взаємодіє з морфологічним станом зернової маси: тверді, цільні зернини потребують довшого впливу, тоді як ослаблені або травмовані реагують на механічні навантаження швидше та менш передбачувано.

Усі три параметри – швидкість, завантаження та час – є взаємопов'язаними, тому зміна одного з них потребує корекції інших. Це особливо важливо в умовах обробки партій з відхиленнями в структурі, зокрема при наявності значної частки битих зерен.

Морфологічна неоднорідність зернової маси безпосередньо впливає на результати лушення. Кожен вид зернин – цілі, мікропошкоджені, тріснуті, повністю биті – реагує на механічне навантаження по-різному, що зумовлює зміну інтенсивності руйнування оболонки і поведінки зерна в робочій камері.

Найчутливішою ланкою в цій системі є биті зерна, які мають порушену оболонку та ослаблену структуру. Вони зазнають надмірного впливу навіть при помірних режимах роботи обладнання, утворюючи додаткову кількість

дрібної фракції. У результаті підвищується запиленість продукту, зростають втрати маси ядра та ускладнюється відокремлення оболонки у решти зерна.

Високий вміст битих зерен змінює не лише кінцевий результат, а й сам характер процесу. Пошкоджені частки контактують з робочими поверхнями інтенсивніше, ніж цілі зернини утворюючи додатковий абразивний ефект. Це впливає на рух маси в камері, підвищуючи нерівномірність механічного навантаження. Унаслідок цього цілі зерна можуть зазнавати більш жорстких умов, ніж передбачено оптимальним режимом.

Таким чином, морфологічний склад сировини визначає, які параметри обладнання будуть ефективними, а які – спричиняють надмірне руйнування ядра. Для партій із підвищеною часткою битих зерен оптимальні режими відрізняються від режимів, що застосовуються для однорідної та здорової сировини. Саме тому дослідження впливу кількості битого зерна на ефективність лущення є важливим для точного налаштування технологічних режимів та мінімізації небажаних втрат.

1.5 Утворення битого зерна: причина та наслідки

Утворення битого зерна є одним із найбільш поширених технологічних явищ, що супроводжуються усі етапи руху зернової маси – від первинного очищення до операції лущення. Формування битих зерен відбувається внаслідок дії комплексу механічних, технологічних та морфологічних факторів, які впливають на цілісність зернівки та її стійкість до руйнування.

Однією з ключових причин появи битих зерен є механічні навантаження під час транспортування та переміщення сировини. При падінні зерна з висоти, ударів об жорсткі поверхні, переміщення норіями або шнеками виникають локальні напруження, які здатні порушувати структуру оболонки та викликати мікротріщини. У подальших операціях ці мікропошкодження легко трансформуються в повне руйнування зернівки. Особливо чутливими до цього впливу є зерна зі зниженою вологістю або недостатньою еластичністю оболонки.

Важливим чинником є також неоднорідність морфологічних властивостей зерна. Зернівки, що мають дефекти структури, нерівномірну склоподібність або ослаблену зовнішню оболонку, характеризуються підвищеною схильністю до розтріскування при механічній дії. Такі відхилення здебільшого зумовлені умовами вирощування, нестабільною вологістю під час дозрівання, пошкодженням шкідниками, хворобами або дією зовнішніх факторів під час зберігання.

Суттєву роль у формуванні битого зерна відіграють параметри технологічних процесів, зокрема режими роботи машин первинного очищення та сепарації. Надмірні швидкості рухомих елементів, нераціональна конфігурація робочих органів, перевищення рекомендованого навантаження можуть спричинити додаткові ударні навантаження. У луцильному обладнанні передчасне або надмірне руйнування оболонок залежить від сили тертя, тиску між зернами та інтенсивності контакту з робочою поверхнею.

Порушення технологічних регламентів зволоження зерна також є одним із факторів утворення битих часток. Недостатня вологість робить зерно більш крихким, тоді як надмірна – може призводити до нерівномірності пластичності оболонок, що ускладнює їх рівномірне відділення.

Таким чином, поява битого зерна є наслідком сукупного впливу технологічних умов, властивостей сировини та інтенсивності механічного навантаження.

Наявність значної кількості битих зерен у партії сировини створює низку технологічних проблем, які безпосередньо впливають на якість кінцевої продукції та ефективність роботи зернопереробних підприємств. Бите зерно має змінену морфологічну структуру, що призводить до його непередбачуваної поведінки під час луцення та подальших технологічних операцій.

Одним з найбільших суттєвих наслідків є зростання технологічних втрат. Пошкоджені зернівки легше руйнуються під дією робочих органів луцильних машин утворюючи підвищену кількість дрібних часток, які часто

відносяться у відходи. Це знижує вихід цільної крупи та погіршує економічні показники виробництва. Крім того, дрібні частки інтенсивніше змішуються з мучкою та оболонковими домішками, що ускладнює процес їх поділу.

Другим важливим аспектом є вплив битого зерна на якість круп'яної продукції. Підвищений вміст пошкоджених часток ускладнює забезпечення відповідної фракційної рівномірності, підвищує частку домішок і може знижувати товарний вигляд продукції. Наявність подрібнених фрагментів також сприяє нерівномірності теплової та механічної обробки, що погіршує однорідні структури готової крупи.

Суттєвий вплив кількості битого зерна має і на продуктивність обладнання. Оскільки такі зернівки швидко руйнуються, процес лушення може потребувати коригування режимів, зниження інтенсивності обробки або зменшення тривалості контакту. У ряді випадків надмірна частка битих зерен призводить до нестабільності технологічного потоку, збільшення навантаження на системи очищення, зростання затрат енергії на відділення відходів та додаткове сортування.

Крім того, підвищений вміст битого зерна ускладнює забезпечення оптимальної взаємодії сировини з робочими поверхнями лущильного обладнання. Такі зернівки по-іншому контактують з абразивними елементами, частіше потрапляють у «мертві» зони та змінюють динаміку руху зернового шару. Це знижує ефективність відокремлення оболонки та може вимагати додаткових калібрувальних операцій.

Узагальнюючи, наявність битих зерен у партії пшениці є фактором, що істотно впливає на:

- рівень технологічних втрат;
- стабільність та продуктивність технологічного процесу;
- якість та однорідність готової крупи;
- енерговитрати та енергоефективність використання обладнання.

1.6 Недостатньо вивчені аспекти та напрямки майбутніх досліджень

Аналіз доступної наукової та технічної літератури показує, що лущення зерна пшениці, як технологічний процес, досить широко описаний, однак окремі його аспекти – зокрема пов'язані з станом сировини та наявністю механічних дефектів – залишаються недостатньо вивченими. Більшість робіт зосереджена на впливі загального морфологічного складу, вологості або фізико-механічних показників, тоді як частка битого зерна вважається лише супутнім фактором та досліджена фрагментарно й поверхнево, переважно в контексті оцінки якості зерна як сировини.

У доступних джерелах практично не розглядається, яким чином різний відсоток битих зерен може змінювати характер перебігу лущення, зокрема інтенсивність руйнування оболонок, утворення побічних фракцій або рівномірність обробки зернової маси. Бите зерно згадується здебільшого як дефект, що свідчить про попередні механічні пошкодження або порушення умов вирощування і зберігання. При цьому його роль як чинника, що активно впливає на технологічні результати, майже не висвічується.

Виявлено також відсутність системних досліджень, що визначають зв'язок між кількістю битої фракції та зміною структури зернової суміші під час лущення. Биті зерна мають іншу форму, щільність та поверхневу активність, тому вони можуть впливати на взаємодію між окремими частинками у масі, змінювати її сипучість, ущільнення та поведінку під механічним навантаженням. Проте кількісні експерименти, які б стверджували ці припущення, практично відсутні.

Крім того, у літературі не представлено достатньо даних щодо порогових значень частки битого зерна, після яких знижується якість та стабільність процесу лущення. У більшості робіт цей параметр розглядається лише як показник дефектності партії, але не як змінна величина, що може визначати динаміку технологічних перетворень.

Таким чином, фактор кількості битої фракції виявився одним із найменшдосліджених, попри його вагоме значення як для якості готової продукції, так і для оцінки сировинного потенціалу пшениці.

Враховуючи виявлені прогалини, виникає потреба у проведенні власних досліджень, спрямованих на визначення реального впливу битого зерна на перебіг та результативність процесу лущення.

Перш за все, експериментальний підхід дозволить кількісно оцінити, як зміни частки битої фракції в партії позначається на ступені очищення зерна, інтенсивності відокремлення оболонки та формуванні дрібних фракцій. На відміну від теоретичних припущень, практичні дані дають можливість встановити чіткі причинно-наслідкові зв'язки.

По-друге, власні дослідження дають можливість визначити, чи змінюється структура зернової маси за наявності різної кількості деформованих або частково зруйнованих зернівок. Вивчення таких змін є важливим, оскільки морфологічні особливості зернової суміші безпосередньо впливають на рівномірність та завершеність процесу очищення.

По-третє, експерименти дозволяють встановити межі допустимого вмісту битого зерна, за яких забезпечується стабільна якість і передбачуваність технологічних результатів. Це сприятиме формуванню практичних рекомендацій для оцінювання сировини перед її використанням у круп'яному виробництві.

По-четверте, експериментальні дані дадуть змогу уточнити уявлення про роль битого зерна як активного технологічного чинника, а не лише вторинного дефекту. Це дозволить розширити наукове розуміння процесів, що відбуваються під час лущення, та вдосконалити теоретичні моделі взаємодії часток у зернової масі.

Висновки до розділу 1

1. Властивості зерна пшениці суттєво впливають на перебіг процесу лущення, тому їх необхідно враховувати під час підготовки та обробки зерна;

2. Процес луцення пшениці у круп'яному та борошномельному виробництвах традиційно здійснюється у машинах абразивного типу, де стирання оболонок відбувається під дією тертя та механічного навантаження;
3. Процес луцення має складну природу, що включає взаємодію низки чинників – властивостей зерна, режимів обробки, інтенсивності механічного впливу. Повноцінний математичний опис процесу досі відсутній, що обмежує можливість точного прогнозування результатів і ускладнює моделювання технологічних режимів;
4. На утворення битих зерен пшениці можуть впливати крупність зерна, неоднорідність партії, а також технологічні параметри, зокрема тривалість, швидкість обертання робочих органів луцильної машини. Зміна цих факторів здатна як зменшувати, так і збільшувати частку битих зерен;
5. Швидкість обертання робочих органів луцильника є загально визнаним критичним параметром, але він є не до кінця вивчений;
6. Аналіз літературних джерел засвідчив, що вплив кількості битого зерна на ефективність луцення недостатньо вивчений, що визначає необхідність подальших досліджень у цьому напрямі та обґрунтовує виконання експериментальної частини даної кваліфікаційної магістерської роботи.

РОЗДІЛ 2.

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкт та предмет досліджень

Об'єктом досліджень є процес лущення зерна пшениці.

Предметом досліджень є вплив кількості битого зерна у партії на ефективність операції лущення.

2.2 Підготовка зерна пшениці до досліджень

Підготовку зерна здійснювали наступним способом. Перед проведенням досліджень зерно пшениці очищалося в лабораторному зерноочисному сепараторі. В зерноочисному сепараторі ЗЛС використовувалися решітні полотна $3,0 \times 20$ мм, $2,4 \times 20$ мм та $1,8 \times 20$ мм. 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. Прохід решітного полотна $1,8 \times 20$ мм направлявся у відходи. Після очищення зерна в зерноочисному сепараторі, воно очищалося в лабораторному аспіраційному каналі від легких домішок[5].

Вологість, скловидність, натуру зерна, масу 1000 зерен визначали за загально прийнятими методиками[5].

Вологість зерна визначали відповідно за ДСТУ ISO 712:2015 «Зернові культури та продукти із них. Визначення вмісту вологи. Еталонний метод».

Для встановлення показника скловидність зерна пшениці використовувався прилад діафаноскоп ДСЗ-3 («ОЛИС»). У процесі використовувався стандарт ГОСТ 10987.

Натуру зерна пшениці здійснювали за допомогою лабораторної пурки марки ПХ-2 виробництва «ОЛИС». Процедура вимірювання відповідає вимогам стандартів з ДСТУ 4117, ДСТУ ISO 712.

Маса 1000 зерен, встановлювалась згідно із положеннями стандарту ДСТУ ISO 520:2015 Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен (ISO 520:2010, IDT).

Перед проведенням досліджень зерно пшениці розділялося на повністю цілі зерна та биті зерна і в подальшому створювалися суміші із наступними концентраціями битих зерен: від 0 до 15 % із кроком 3,0 %. Вміст битих зерен взятий в достатньо широкому діапазоні, які практично не зустрічається в практичній діяльності борошномельних та круп'яних заводів. Це було зроблено із метою більш надійної побудови залежності між вмістом битих зерен пшениці та індексом лушення[5].

2.3 Методика проведення лушення зерна пшениці

Лушення зерна пшениці здійснювалося за наступною методикою: лушення зерна пшениці здійснювали на лабораторному луцильнику УЛЗ-1 («Оліс» м.Одеса) із зернистістю абразивних дисків 40 од[5].

А також, для дослідження впливу періодичності на індекс лушення пшениці було реалізовано три варіанти лушення:

- Варіант 1: безперервне лушення 100 г зерна протягом 100 с;
- Варіант 2: серія нових зразків по 100 г, кожен з яких має лушитись протягом 20-100 с з кроком 20 с;
- Варіант 3: один зразок 100 г від 20 до 100 с із кроком 20 с.

Для встановлення ефективності лушення після кожного проведеного етапу дослідження застосовувався індекс лушення. Показник індексу лушення розраховується за формулою 2.1.

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

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

Після луцильника УЛЗ-1, ядро із мучкою пропускали через лабораторний аспіраційний канал із шириною каналу 60 мм з метою виділення

мучки від ядра. Аспіраційний канал був налаштований так, щоб у відходи цілі зерна не виділялися. Після очищення ядра від мучки, ядро зважували і розраховували індекс луцення. Схемалуцення пшениці наведено на рис. 2.1 [5].

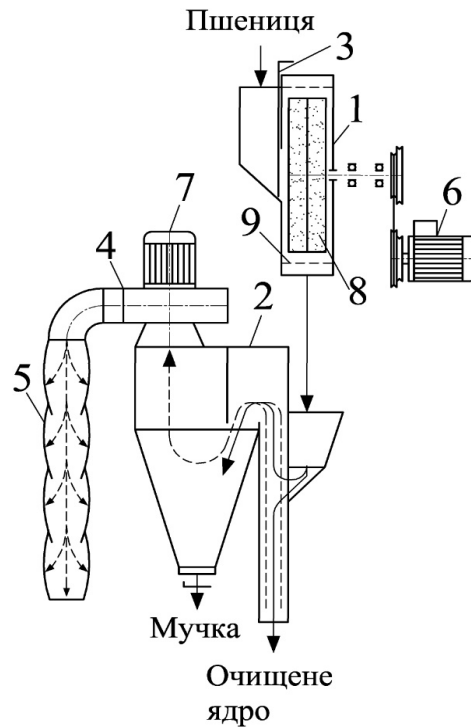


Рисунок 2.1. Схема луцення пшениці: 1 – робоча камера луцильника УЛЗ- 1; 2 – аспіраційний канал; 3 – засувка; 4 – вентилятор; 5 – фільтрувальний рукав; 6 – електродвигун луцильника; 7 – електродвигун вентилятора; 8 – абразивні диски; 9 – решітне полотно з отворами Ø2,3 мм[5].

2.4 Методика математично-статистичного аналізу експериментальних даних

Експеримент, в якому реалізуються всі можливі поєднання факторів на вибраних рівнях, називається повним факторним експериментом.

Перший етап планування експерименту для отримання лінійної моделі ґрунтується на варіюванні факторів на двох рівнях. Кількість дослідів при повному факторному експерименті рахується за формулою 2.2.

$$N = 2^n, \quad (2.2)$$

де N – кількість дослідів, n – кількість факторів, 2 – кількість рівнів.

Для розрахунку коефіцієнтів регресії використовуємо формули 2.3.

$$\begin{aligned}\beta_0 &= \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4}{4}, \\ \beta_1 &= \frac{-y_1 + y_2 - y_3 + y_4}{4}, \\ \beta_2 &= \frac{-y_1 - y_2 + y_3 + y_4}{4}\end{aligned}\tag{2.3}$$

Рівняння регресії, враховуючи ефекти парних міжфакторних взаємодій буде мати наступний вигляд (формула 2.4):

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2\tag{2.4}$$

Коефіцієнт β_{12} розраховується аналогічно за формулою 2.3, але з врахування знаків стовбця $x_1 x_2$.

$$\beta_{12} = \frac{y_1 - y_2 - y_3 + y_4}{4},\tag{2.5}$$

Буквою β позначені істинні значення коефіцієнтів регресії, проте при вивчені форми поверхні відгуку можуть бути експериментальні помилки (дії в системі неврахованих факторів, похибки вимірювань), тому на практиці наводять не y_u , а лише деяку його оцінку: $y_u \pm \Delta y_u$. Внаслідок цього коефіцієнти регресії, розраховані по наведеним формулам, також визначаються з деякою похибкою. В результаті експерименту ми отримуємо не істинні значення коефіцієнтів регресії β_i , а лише деякі їх оцінки b_i ($b_i \rightarrow \beta_i$).

Тоді рівняння регресії отримане в результаті повного факторного експерименту 2^2 , буде таке як наведене в формулі 2.6.

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2,\tag{2.6}$$

де замість істинних значень β_i стоять їх експериментальні оцінки - b_i .

Статистичний аналіз значимості коефіцієнтів рівняння регресії. Визначення виходу процесу y_u і забезпечення заданого рівня факторів здійснюється неточно, з якоюсь похибкою, тому і коефіцієнти рівняння регресії також будуть визначені з похибкою.

Для того щоб оцінити значимість коефіцієнтів регресії необхідно знайти їх вибірккову дисперсію $S_{(b_i)}^2$.

Середньоарифметичне для всього експерименту дисперсії відтворення одиничного результату розраховується за формулою 2.7.

$$S_{y_k}^2 = \frac{\sum_{u=1}^N S^2(y_{ku})}{N} \quad (2.7)$$

Середньоарифметичне для всього експерименту дисперсії відтворення середнього значення виходу процесу (параметра оптимізації) розраховується за формулою 2.8.

$$S_{\bar{y}}^2 = \frac{S_{y_k}^2}{n} \quad (2.8)$$

Дисперсія коефіцієнтів рівняння регресії визначається за формулою 2.9.

$$S_{b_i}^2 = \frac{S_{\bar{y}}^2}{N}, \quad (2.9)$$

звідси знаходимо похибку коефіцієнтів регресії (формула 2.10).

$$S_{b_i} = \sqrt{S_{b_i}^2} \quad (2.10)$$

В результаті всіх проведених розрахунків отримані величини коефіцієнтів регресії b_i і їх дисперсія $S_{b_i}^2$. Коефіцієнти регресії b_i можна рахувати відмінними від нуля, якщо виконується нерівність, що наведена в формулі 2.11.

$$|b_i| > t \sqrt{S_{b_i}^2}, \quad (2.11)$$

де $S_{b_i} = \sqrt{S_{b_i}^2}$ є похибка визначення b_i в експерименті.

Число ступенів свободи визначаються за формулою 2.12.

$$f = (n - 1)N \quad (2.12)$$

Зазвичай значення факторів в планах і розрахунках виражають через безрозмірні величини x_i . Для цього відтворюється перетворення змінних (так зване кодування) за формулою 2.13.

$$x_i = \frac{C_i - C_{i0}}{\lambda_i}, \quad (2.13)$$

де C_i – значення фактора на одному з рівнів в натуральних перемінних;

x_i – значення фактора в кодованих перемінних;

C_{i0} – значення i -го фактора в натуральних перемінних на нульовому (основному) рівні, який розраховується як середнє арифметичне між вибраними рівнями фактора;

λ_i – інтервал варіювання, який дорівнює різниці між будь-яким із рівнів i основним рівнем фактора;

i – номер фактора.

Блок-схема проведення досліджень наведено на рис. 2.



Рисунок 2. Блок-схема проведення досліджень

Висновки до розділу 2

1. Встановлено об'єкт та предмет досліджень.
2. Сформовано та викладено методику здійснення експериментальних досліджень.
3. Наведено алгоритм математично-статистичного аналізу отриманих даних та блок-схему проведених досліджень.

РОЗДІЛ 3.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Показники якості зерна пшениці

Показники якості зерна пшениці після очищення наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Показники якості зерна пшениці після очищення

Найменування показників	Отримані показники якості
Вологість, %	$13,6 \pm 0,047$
Скловидність, %	$29,6 \pm 2,26$
Натура зерна, г/л	$762,9 \pm 1,4$
Маса 1000 зерен, г	$44,72 \pm 0,4$

3.2 Вплив швидкості обертання робочих органів лушпильника на ефективність лушення

У зв'язку із тим, що експериментально дослідити вплив швидкості обертання робочих органів лушпильника на ефективність лушення пшениці немає. Прийнято рішення дослідити цей вплив використовуючи повний факторний експеримент, а рівняння регресії використати для визначення поміжних значень, які потрібні для побудови відповідної графічної залежності.

Кількість дослідів при повному факторному експерименті розраховуємо за формулою 3.1.

$$N = 2^2 = 4,$$

По формулі підраховуємо, що необхідне число дослідів при кількості двох факторів становить 4 дослідів.

План повного факторного експерименту 2^2 в натуральних перемінних наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - План повного факторного експерименту 2^2 в натуральних перемінних

Номер досліджу, u	Фактори		Функції відгуку				
	C ₁	C ₂	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	\bar{y}
1	20	25	3,59	3,44	3,3	3,4	3,43
2	100	25	18,26	17,8	18,3	18,19	18,14
3	20	42	11,2	11,28	11,49	11,46	11,36
4	100	42	47,78	48,09	48,26	47,9	48,0

де C₁ – тривалість луцення, с;

C₂ – оберти, с⁻¹.

План повного факторного експерименту 2^2 з врахуванням взаємодії факторів наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - План повного факторного експерименту 2^2 з врахуванням взаємодії факторів

Номер досліджу, u	x ₀	Кодовані перемінні		x ₁ x ₂	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	\bar{y}
		x ₁	x ₂						
1	+1	-1	-1	+1	3,59	3,44	3,3	3,4	3,43
2	+1	+1	-1	-1	18,26	17,8	18,3	18,19	18,14
3	+1	-1	+1	-1	11,2	11,28	11,49	11,46	11,36
4	+1	+1	+1	+1	47,78	48,09	48,26	47,9	48,0

Розраховуємо коефіцієнти регресії за формулами 2.3 та 2.5.

$$\beta_0 = \frac{3,43 + 18,14 + 11,36 + 48,0}{4} = 20,23 \%$$

$$\beta_1 = \frac{3,43 + 18,14 + 11,36 + 48,0}{4} = 12,84 \%$$

$$\beta_2 = \frac{3,43 + 18,14 + 11,36 + 48,0}{4} = 9,45 \%$$

$$\beta_{12} = \frac{3,43 + 18,14 + 11,36 + 48,0}{4} = 5,48 \%$$

Рівняння регресії отримане в результаті повного факторного експерименту 2^2 , буде мати наступний вигляд:

$$I_{\text{л}} = 20,23 - 12,84x_1 - 9,45x_2 - 5,48x_1x_2$$

Для полегшення розрахунків проміжкові результати вносимо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 - Розрахункова таблиця повного факторного експерименту 2^2

Номер досліджу, u	$y_{1u} - \bar{y}_u$	$y_{2u} - \bar{y}_u$	$y_{3u} - \bar{y}_u$	$y_{4u} - \bar{y}_u$	$(y_{1u} - \bar{y}_u)^2$	$(y_{2u} - \bar{y}_u)^2$	$(y_{3u} - \bar{y}_u)^2$	$(y_{4u} - \bar{y}_u)^2$	$\Sigma(y_{ku} - \bar{y}_u)^2$	$S^2(y_{ku})$
1	0,16	0,01	-0,13	-0,03	0,0256	0,0001	0,0169	0,0009	0,0435	0,0145
2	0,12	-0,34	0,16	0,05	0,0144	0,1156	0,0256	0,0025	0,1581	0,0527
3	-0,16	-0,08	0,13	0,1	0,0256	0,0064	0,0169	0,01	0,0589	0,0196
4	-0,22	0,09	0,26	-0,1	0,0484	0,00081	0,0676	0,01	0,12681	0,0423
Σ										0,1291

Середньоарифметичне для всього експерименту дисперсії відтворення одиничного результату розраховується за формулою 3.6.

$$S_{y_k}^2 = \frac{0,1291}{4} = 0,032275$$

Середньоарифметичне для всього експерименту дисперсії відтворення середнього значення виходу процесу (параметра оптимізації) розраховується за формулою 3.7.

$$S_{\bar{y}}^2 = \frac{0,032275}{4} = 0,00807$$

Дисперсія коефіцієнтів рівняння регресії визначається за формулами 3.8 та 3.9.

$$S_{b_i}^2 = \frac{0,00807}{4} = 0,00202$$

$$S_{b_i} = \sqrt{0,00202} = 0,0449$$

Число ступенів свободи визначаються за формулою 3.11.

$$f = (4 - 1) \cdot 4 = 12$$

$$t_{0,95} \cdot S_{b_i} = 2,18 \cdot 0,0449 = 0,0979$$

$$|b_i| > t_{0,95;12} \cdot S_{b_i} = 2,18 \cdot 0,0484 = 0,0979$$

Виходячи з формули 3.12 розраховуємо значення і-го фактора в натуральних перемінних на нульовому рівні.

$$C_{1_0} = \frac{20 + 100}{2} = \frac{120}{2} = 60$$

$$C_{2_0} = \frac{25 + 42}{2} = \frac{67}{2} = 33,5$$

Також розраховуємо інтервал варіювання.

$$\lambda_1 = 60 - 20 = 40$$

$$\lambda_2 = 33,5 - 25 = 8,5$$

Наводимо значення факторів в кодованих перемінних за формулою 3.12.

$$x_1 = \frac{C_i - 60}{40}$$

$$x_2 = \frac{C_i - 33,5}{8,5}$$

Рівняння індексу лушення буде мати наступний вигляд:

$$I_{\text{л}} = 20,23 + 12,84 \left(\frac{C_1 - 60}{40} \right) + 9,45 \left(\frac{C_2 - 33,5}{8,5} \right) + 5,48 \left(\frac{C_1 - 60}{40} \right) \left(\frac{C_2 - 33,5}{8,5} \right)$$

C_1 – тривалість, приймаємо як 40 с.

C_2 – оберти, приймаємо 30 с⁻¹, 35 с⁻¹ та 40 с⁻¹.

Розраховуємо індекс лушення:

$$I_{\text{л}}^1 = 20,23 + 12,84 \left(\frac{40 - 60}{40} \right) + 9,45 \left(\frac{30 - 33,5}{8,5} \right) + 5,48 \left(\frac{40 - 60}{40} \right) \left(\frac{30 - 33,5}{8,5} \right) = 11,05\%$$

$$I_{\text{л}}^2 = 20,23 + 12,84 \left(\frac{40 - 60}{40} \right) + 9,45 \left(\frac{35 - 33,5}{8,5} \right) + 5,48 \left(\frac{40 - 60}{40} \right) \left(\frac{35 - 33,5}{8,5} \right) = 15,0\%$$

$$I_{л}^3 = 20,23 + 12,84 \left(\frac{40 - 60}{40} \right) + 9,45 \left(\frac{40 - 33,5}{8,5} \right) + 5,48 \left(\frac{40 - 60}{40} \right) \left(\frac{40 - 33,5}{8,5} \right) = 18,94\%$$

Результати розрахунків при незмінних умовах: $W = \text{const}$, $\tau = \text{const}$, а саме $\tau = 40\text{с}$, зводимо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 - Ефективність лушення при $\tau = 40\text{с}$

№ поз.	Оберти, ω , с^{-1}	Ефективність, $I_{л}$, %
1	25	6,9
2	30	11,05
3	35	15,0
4	40	18,94
5	42	22,8

На основі даних з таблиці 3.5 будуємо графік, наведений на рис. 3.1.

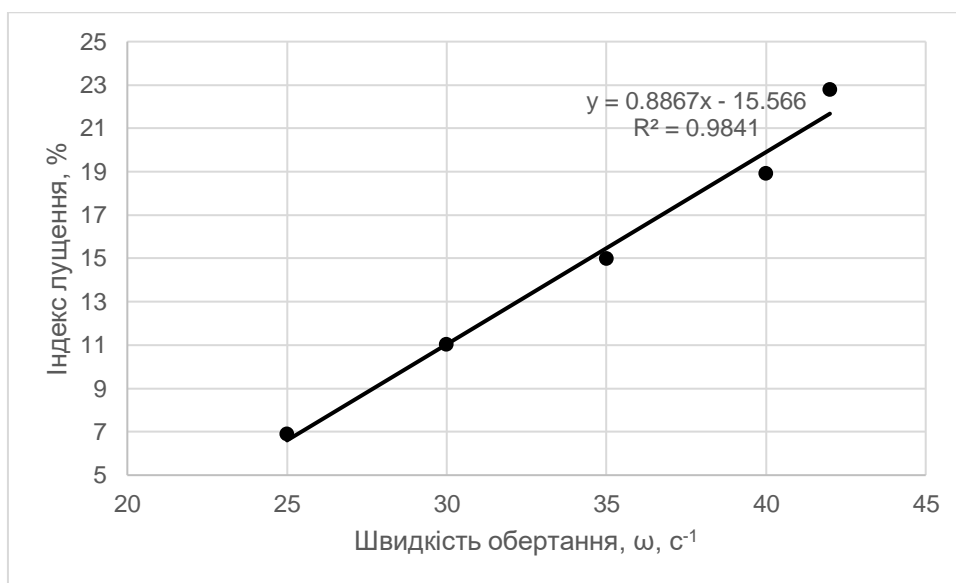


Рисунок 3.1. Ефективність лушення

Розраховуємо індекс лушення за вище зазначеною формулою для різної тривалості лушення та обертів, дані зводимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Індекс лушення для різної тривалості лушення та обертів

№ поз.	τ , с	$\omega = 25 \text{ с}^{-1}$,	$\omega = 30 \text{ с}^{-1}$,	$\omega = 35 \text{ с}^{-1}$,	$\omega = 40 \text{ с}^{-1}$,
		$I_{л}$, %	$I_{л}$, %	$I_{л}$, %	$I_{л}$, %
1	20	3,42	5,76	8,1	10,42

2	40	6,9	11,05	15,0	18,94
3	60	10,78	16,34	21,89	27,45
4	80	14,46	21,63	28,8	35,97
5	100	18,14	26,92	35,7	44,48

Рівняння регресії в розкодованому вигляді використовуємо для моделювання процесу лушення при зміні обертів робочих органів лушильника, це наведено на рис. 3.2.

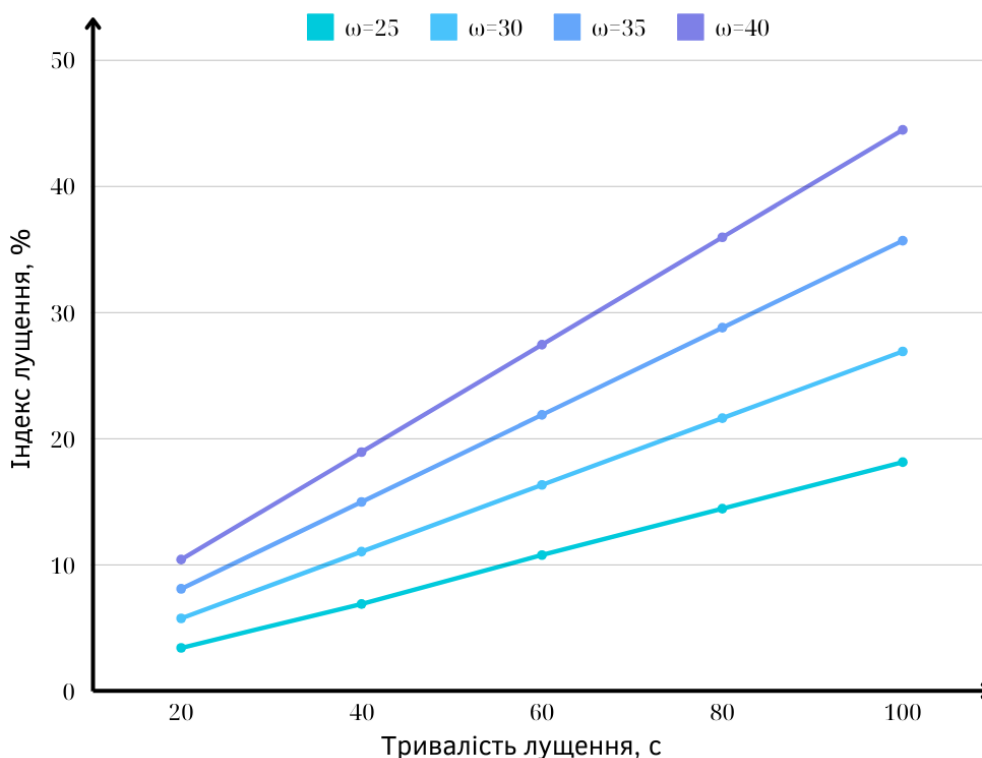


Рисунок 3.2. Вплив швидкості обертання на індекс лушення при різних частоті обертання абразивних кругів.

Із рисунку 3.2 видно, що індекс лушення пшениці зростає зі збільшенням тривалості обробки та швидкості обертання робочих органів лушильника. Це свідчить про лінійну залежність ефективності лушення від обох факторів, що дозволяє застосовувати рівняння регресії для моделювання процесу і для прогнозування проміжних значень швидкості обертання та часу лушення.

3.3 Вплив періодичності обробки на ефективність лушення

Дослідженнями встановлено, що при безперервному лушенні зразка масою 100 г протягом 100 секунд, індекс лушення становив 19,2% (варіант 1).

Дослідження способів лушення пшениці із перериванням процесу лушення встановили, що отримані результати мають близькі значення для обох способів. Аналіз двох вибірок (варіант 2 та 3) за критерієм Фішера показав, що розрахункове значення критерія Фішера менше ніж розрахункове ($F_p=0,86 < F_T = 6,4$). На основі цього аналізу встановлено, що відмінностей в дисперсіях двох вибірок не виявлено, а отже вибірки є однаковими

Порівняння способів лушення наведено на рис. 3.3

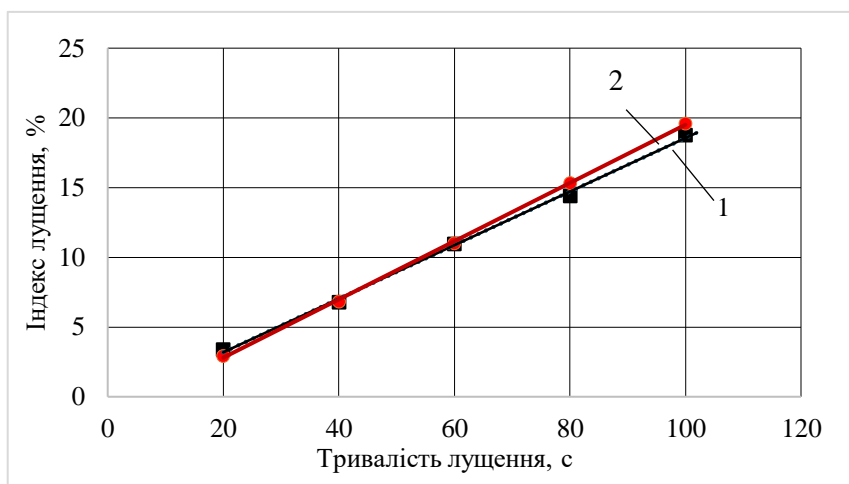


Рисунок 3.3 Порівняння способів лушення: 1 – варіант 2; 2 – варіант 3.

Одержані результати свідчать, що про відсутність суттєвих розбіжностей між досліджуваними способами лушення. Це дозволяє зробити висновок, що ефективність безперервного та періодичного лушення є практично однаковою, і помітних технологічних переваг одного методу над іншим не встановлено.

3.4 Вплив кількості битого зерна пшениці на ефективність лушення

Параметри роботи луцильниці залишались незмінними під час проведення досліджень, а саме початкова маса суміші цілих та битих зерен приймався 100 г. Тривалість лушення становила 20 с. Швидкість обертання абразивного колеса луцильника становила 25 с^{-1}

Проведені дослідження показали, що вміст битих зерен у загальній зерновій масі суттєво впливає на величину індексу луцення, тобто і на загальну ефективність луцення. Результати досліджень наведено на рис. 3.4.

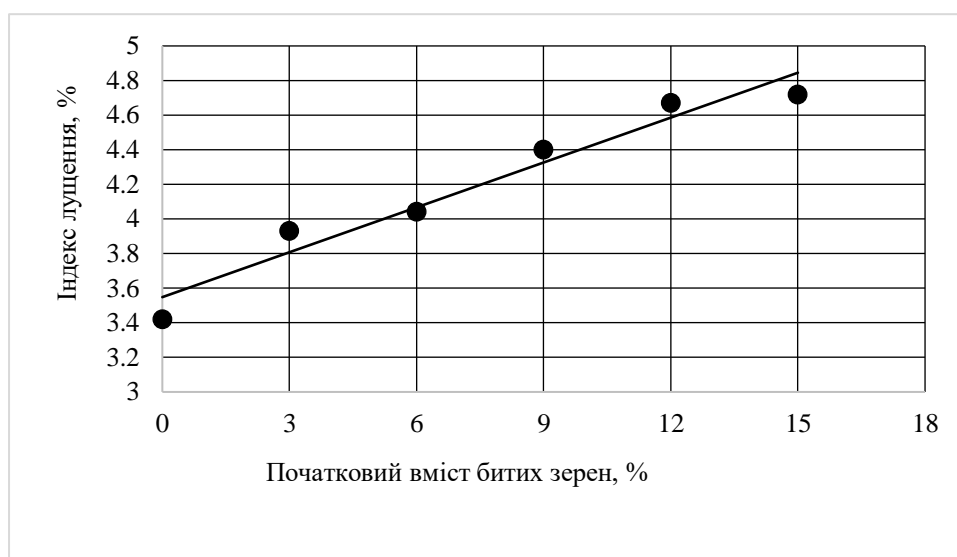


Рисунок 3.4 Вплив битих зерен на ефективність луцення пшениці

З даних, що наведені на рисунку 3.4, видно, що зі зростанням частки битих зерен індекс луцення збільшується за лінійною залежністю.

Ймовірно, підвищення індексу луцення зі збільшенням частки битих зерен у цілому зерні пов'язано з тим, що пошкоджені або надламані зерна легше піддаються руйнуванню під дією абразивних робочих поверхонь. Такі зерна мають знижений опір механічним навантаженням, оскільки у їх структурі часто присутні мікротріщини, які послаблюють цілісність ендосперму. Крім того, відкриті ділянки ендосперму, що вже не захищені оболонками потребують менших енерговитрат для їх зрізання, що додатково сприяє інтенсивнішому руйнуванню. У результаті абразивні кромки обладнання легше проникають до менш міцного крохмального ендосперму, що і зумовлює зростання індексу луцення при збільшенні кількості битих зерен.

Оскільки пошкоджені зерна руйнується значно швидше, ніж цілі, які мають вищий опір механічній дії це може призводити до внесення похибок у фактичний показник індексу луцення і зумовлювати його завищення. Тому доцільним є запровадження поправочного коефіцієнта, що дозволив би

враховувати частку битих зерен у вихідній сировині яка надходить на операцію лушення.

Результати проведеного дослідження дають підстави стверджувати, що частка битих зерен у початковій партії пшениці має істотний вплив на величину індексу лушення. Отже, під час його визначення (індексу лушення) необхідно враховувати вміст пошкоджених зерен у очищеному зерні.

Висновки до розділу 3

1. Визначено показники якості досліджуваного зерна пшениці, що були використанні для опису процесу лушення.
2. Досліджено вплив швидкості обертання робочих органів луцильника на ефективність лушення за допомогою повного факторного експерименту та рівняння регресії для розрахунку проміжних значень.
3. Встановлено залежність між індексом лушення та тривалістю обробки зерна пшениці при різній швидкості обертання робочих органів луцильника.
4. Встановлено, що між безперервним і періодичним способами лушення не виявлено суттєвих відмінностей в ефективності.
5. Показано, що обидва способи забезпечують практично однаковий технологічний результат, без виражених переваг одного методу над іншим.
6. Показано, що вміст битих зерен у загальній зерновій масі суттєво впливає на ефективність лушення.
7. Доведено, що вміст битих зерен у початковій партії пшениці має істотний вплив на індекс лушення та ефективність лушення.

РОЗДІЛ 4.

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Наукове обґрунтування технологічного процесу

Принципова технологічна схема по виробництву круп "Полтавські" та "Артек" наведена на рис. 4.1. Крупи "Полтавські" та "Артек" виробляють з твердої пшениці (дурум) [8].

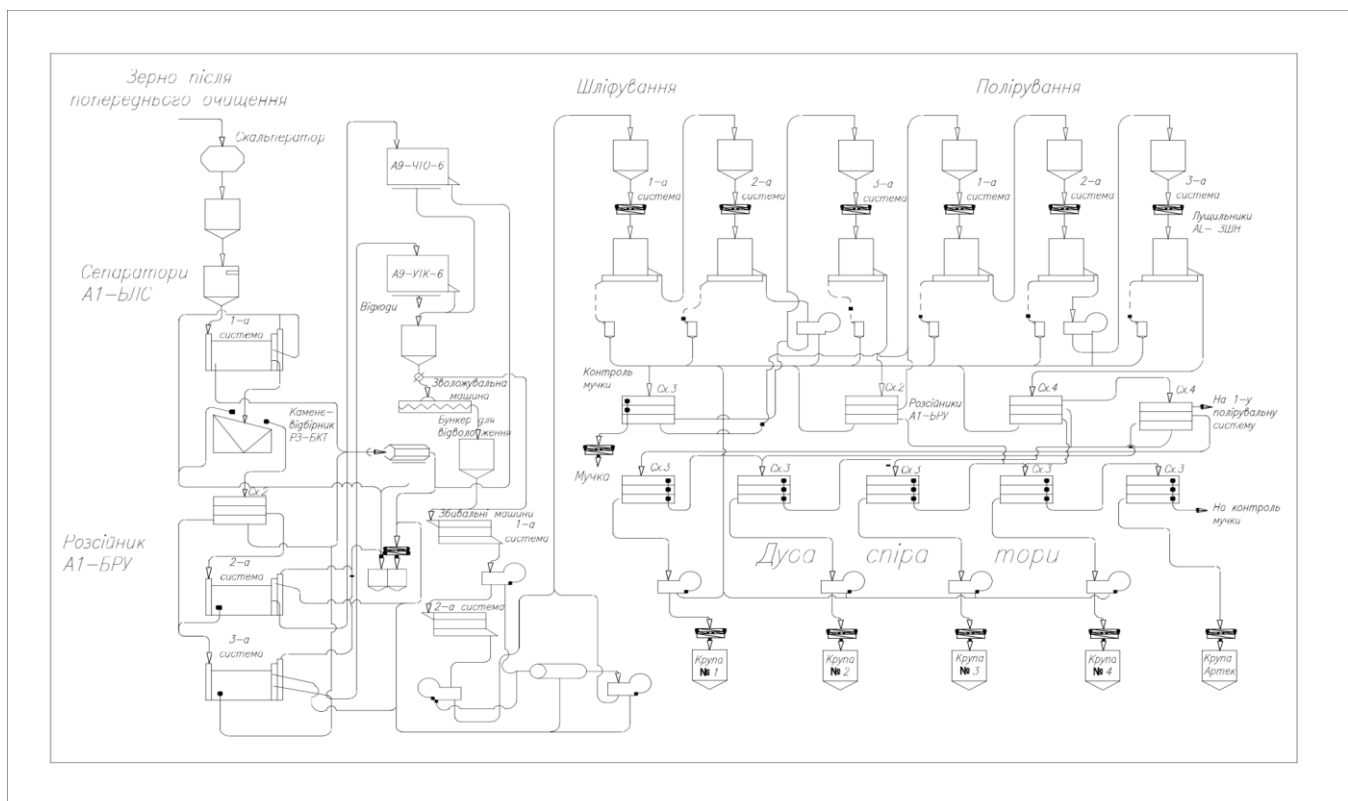


Рисунок 4.1. Принципова технологічна схема виробництва крупів «Полтавські» та «Артек»

Зерночисне відділення

Пшеницю у зерночисному відділенні очищають шляхом:

- одноразового пропуску крізь скальператор для відділення найбільш крупних домішок;
- одноразового пропуску всього зерна через сепаратор, у якому проводять первинне очищення від крупних, дрібних і легких домішок;
- одноразового пропуску всього зерна крізь каменевідбірну машину;
- поділу маси зерна на дві фракції за крупністю з метою наступного роздільного очищення одержаних потоків зерна пшениці (сходу із пробивного сита з отворами 2,4 x 20 мм і проходу цього сита) і більш ефективного відокремлення дрібних домішок. При використанні розсійників А1-БРУ сита доцільно встановлювати за схемою 2;
- одноразового пропуску крупної фракції зерна (сходу із сита з отворами 2,4 x 20 мм) крізь сепаратор другого проходу для додаткового очищення від крупних домішок і додаткового виділення дрібної фракції зерна;
- одноразового пропуску дрібної фракції зерна, одержаної після розсійника крізь сепаратор третього проходу, оснащеного ситами з отворами $\varnothing 3,5$ мм і 1,7 — 2,0x20 мм. Сходом із сита з отворами 1,7 — 2,0 x 20 мм відбирають дрібну фракцію зерна, а проходом — дрібну пшеницю, яку після контрольного просіювання у бураті спрямовують у відходи I— II категорій;
- одноразового пропуску крупної фракції зерна, одержаної сходом із сит з отворами 1,7 — 2,4x20 мм, крізь вівсюговідбірник для виділення вівса, вівсюга, ячменю та інших домішок, які відрізняються від зерна пшениці за довжиною;
- одноразового пропуску дрібної фракції зерна, одержаної сходом із сит з отворами 1,7 — 2,0 x 20 мм, крізь кукілевідбірник для виділення кукілю, в'юнка та інших дрібних домішок[8].

Розміри отворів сит у сепараторах встановлюють відповідно з крупністю зерна перероблюваної партії. Рекомендовані розміри отворів сит наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Розміри отворів пробивних сит сепараторів для очищення зерна пшениці [8]

Сепаратори	Розміри отворів сит, мм	
	Верхнього	Нижнього
1-а система	3,5-4,0×20	1,7-2,0×20
2-а система	Ø4,5	2,4×20
3-а система	Ø3,5	1,7-2,0×20

Таблиця 4.2 - Параметри робочих органів оббивальних машин для луцення зерна пшениці [8]

Луцильна система	Колова швидкість бичів, м/с	Ухил бичів, %	Зазор між бичами і абразивною поверхнею, мм	Склад абразивного матеріалу, %, при зернистості				
				160	125	100	80	63
1	16	10	20	20	20	30	30	-
2	14	8	20-25	-	20	20	30	30

Після оббивальних машин кількість подрібнених зерен у продукті не повинна перевищувати 15%.

Допускається на 2-й чи обох луцильних системах оббивальні машини замінювати машинами типу А1-ЗШИ. Колова швидкість дисків при цьому повинна становити 16-18 м/с [8].

Перед спрямуванням на луцення пшеницю зволожують теплою водою до 14,5 - 15,0 %. Термін відволожування залежно від ступеню зволожування та скловидності пшениці — від 30 хв. до 2 год.

Луцення пшениці проводять шляхом дворазової обробки в оббивальних машинах з абразивними циліндрами. Після кожного оббивального проходу продукт провіюють в аспіраторах [8].

Технічні характеристики оббивальних машин наведені в табл. 4.2.

Луцильне відділення

Відноси, одержані на оббивальних машинах і аспіраторах, спрямовують на контрольне просіювання (сито з отворами діаметром 2,5 мм або сито із дротяної сітки № 2,2). Схід із сита після провіювання надходить на 1-у шліфувальну систему, а прохід — у відходи I або II категорій [8].

Лущену пшеницю спрямовують на шліфування (три системи) і полірування (три системи) з проміжним провіюванням після 2-ї шліфувальної і 2-ї полірувальної систем і проміжним просіюванням після 3-ї шліфувальної системи. Шліфування і полірування проводять в машинах типу А1-ЗШН.

Характеристика робочих органів машин типу АІ-ЗШН на операціях шліфування і полірування наведена в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Параметри робочих органів машин АІ-ЗШН на шліфуванні та поліруванні лущеної пшениці[8]

Система	Колова швидкість дисків, м/с	Період обробки при одноразовому пропуску, с	Розмір отворів ситового циліндра, мм	Склад абразивного матеріалу, %, при зернистості			
				160	125	100	80
1-а шліфувальна	16-18	12-25	1,0×15	60	40	-	-
2-а і 3-а шліфувальні	16-18	12-25	1,0×15	-	60	40	-
1-а полірувальна	20-22	15-30	0,8×15	-	20	40	40
2-а і 3-а полірувальні	20-22	15-30	0,8×15	-	-	60	40

Продукти після третіх полірувальних систем сортують за крупністю на крупи "Полтавські" (чотири номери) і "Артек" з використанням сит (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 - Розмір отворів пробивних сит для сортування пшеничних круп за крупністю[8]

Види і номери круп	Діаметр отворів двох суміжних сит, мм	
	Прохід	Схід
«Полтавські» №1 №2 №3 №4	3,5	3,0
	3,0	2,5
	2,5	2,0
	2,0	1,5
«Артек»	1,5	№ 063 (із дротяної сітки)

Норма проходу і сходу для кожного з двох суміжних сит окремо повинна бути не менше 80 %.

Крупи кожного номеру просіюють на відповідних ситах, провіюють і після магнітного контролю подають у засіки.

Контроль мучки проводять на ситі із дротяної сітки № 063 з наступним пропуском крізь магнітні апарати. Вміст частинок ядра (схід із сита № 063) у мучці не повинен перевищувати 5 % від її маси.

На операціях ситового контролю мучки, лузги, відходів I і II категорій допускається використання буратів, центрифугалів, крупосортувалок і розсійників [8].

4.2 Розрахунок виходу продукції

Базисні норми виходу круп, побічних продуктів і відходів при переробці пшениці в крупи наведені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 - Базисні норми виходу круп, побічних продуктів і відходів при переробці пшениці в крупи [4,8]

Продукти переробки	Вихід, %
Крупи «Полтавські»	
№1 і №2	8,0
№3 і №4	43,0
Крупи «Артек»	12,0
Разом круп	63,0
Мучка кормова	30,0
Відходи I та II категорії	5,3
Відходи III категорії та механічні втрати	0,7
Усушка	1,0
Всього	100,0

1. Для розрахунку виходу базисною за якістю приймають тверду пшеницю з вмістом:

- а) смітної домішки – 1%;
- б) зернової домішки – 1%; до складу зернової домішки зараховують биті, над'їдені, щуплі, а також дрібні зерна пшениці (прохід крізь пробивне сито 1,7x20 мм) і жито;
- в) м'якої пшениці – 5%.

2. За кожний 1% вмісту в зерні сміттевої домішки (СД) більше або менше базисної норми зменшується або збільшується норма сумарного виходу круп на 0,7% і норма кормової мучки на 0,3% за рахунок збільшення або зменшення виходу відходів I і II категорій [3].

Різниця фактичного і базисного значень: $1,5 - 1 = 0,5$

зміна виходу:

- крупи:

$$1\% \text{ СД} - 0,7\%$$

$$0,5 - X = 0,35 (-)$$

- мучки:

$$1\% \text{ СД} - 0,3\%$$

$$0,5 - X = 0,15 (-)$$

Всього – 0,5

за рахунок збільшення норми виходу відходів I і II категорій – 0,5 (+)

3. За кожний 1% вмісту зернової домішки (ЗД) більше або менше базисної норми зменшується або збільшується норма сумарного виходу круп на 0,15% за рахунок збільшення або зменшення норми виходу кормової мучки на 0,10% і відходів I і II категорій – на 0,05% [3].

Різниця фактичного і базисного значень: $2,4 - 1 = 1,4$

зміна виходу:

- крупи:

$$1\% \text{ ЗД} - 0,15\%$$

$$1,4 - X = 0,21 (-)$$

за рахунок:

- мучки:

$$1\% \text{ ЗД} - 0,10\%$$

$$1,4 - X = 0,14 (+)$$

- відходи I і II категорій:

$$1\% \text{ ЗД} - 0,05\%$$

$$1,4 - X = 0,07 (+)$$

4. За кожний 1% вмісту м'якої пшениці більше чи менше базисної норми зменшується чи збільшується норма сумарного виходу круп на 0,2% за рахунок збільшення або зменшення норми виходу кормової мучки.

Різниця фактичного і базисного значень: $5 - 4,9 = 0,1$

зміна виходу:

- крупи:

1% м'якої пшениці – 0,2%

$$0,1 - X = 0,02 (+)$$

за рахунок:

- мучки:

1% м'якої пшениці – 0,2%

$$0,1 - X = 0,02 (-)$$

5. За кожний 1% фактичної усушки більше або менше базисної норми зменшується чи збільшується норма сумарного виходу круп на 0,6% і кормової мучки – на 0,4% за рахунок усушки[3].

Фактична усушка продуктів переробки визначається за формулою 4.1:

$$U = 100(W_1 - W_2)/(100 - W_2), \quad (4.1)$$

де W_1 - середньозважена вологість зерна в приймальному бункері, %;

W_2 – середньозважена вологість продуктів переробки, %.

$$U = 100(13,9 - 13,2)/(100 - 13,2) = 0,8\%$$

Різниця фактичного і базисного значень: $1 - 0,8 = 0,2$

зміна виходу:

- крупи:

1% U – 0,6%

$$0,2 - X = 0,12 (+)$$

- мучки:

1% U – 0,4%

$$0,2 - X = 0,08 (+)$$

за рахунок усушки – 0,2 (-)

Розрахунковий вихід круп, побічних продуктів і відходів при переробці пшениці в продукції із зерна твердої пшениці наведений в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 - Розрахунковий вихід круп, побічних продуктів і відходів при переробці пшениці в продукції із зерна твердої пшениці

Показники, %	Якість зерна		Зміна виходу	Базисний вихід, %						
	базисна	фактична		Крупи		Мучка	Відходи I і II категорії	Відходи III категорії + механічні втрати	Усушка	Всього
				Полтавські	Артек					
				№1-2						
				63		30	5,3	0,7	1,0	100
Вологість зерна	-	13,9	0,2							
Вологість продукції	-	13,2		+0,12	+0,08				-0,2	0
Усушка	1,0	0,8								
Вміст СД	1,0	1,5	0,5	-0,35	-0,15	+0,5				0
Вміст ЗД	1,0	2,4	1,4	-0,21	+0,14	+0,07				0
Вміст м'якої пшениці	5,0	4,9	0,1	+0,02	-0,02					0
Розрахунковий вихід, %				62,58		30,05	5,87	0,7	0,8	100

4.3 Розрахунок та підбір обладнання

Для круп'яного заводу розраховується наступне обладнання, для виготовлення пшеничних круп.

Продуктивність зерноочисного відділення, т за добу, визначається за формулою 4.2.

$$Q_{з.в.} = (1,1 \dots 1,2)Q_{л.в.} \quad (4.2)$$

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

Коефіцієнт запасу для круп'яних заводів, які переробляють пшеницю становить 1,15, отже приймаємо 1,15.

$$Q_{з.в.} = 1,15 \cdot 100 = 115 \text{ (т/добу)}$$

Об'єм бункерів для неочищеного зерна, м³, розраховується за формулою 4.3.

$$V_{\text{нз}} = \frac{Q \cdot \tau}{24 \cdot \gamma \cdot k}, \quad (4.3)$$

де Q - продуктивність круп'яного заводу, т/добу; τ - кількість годин роботи луцильного відділення (τ= 24...30 годин); γ - об'ємна маса зерна, т/м³; k - коефіцієнт використання об'єму бункера, k=0,85...0,9.

$$V_{\text{нз}} = \frac{115 \cdot 24}{24 \cdot 0,75 \cdot 0,85} = \frac{2760}{15,3} = 180,4 \text{ (м}^3\text{)}$$

Об'єм одного бункера розраховуються за формулою 4.4.

$$V_1 = a \cdot b \cdot h, \quad (4.4)$$

де a і b – розміри бункера в плані, h - висота бункера, м.

$$V_1 = 3 \cdot 5 \cdot 5 = 75 \text{ (м}^3\text{)}$$

Кількість бункерів для неочищеного зерна визначається за формулою 4.5.

$$n = \frac{V_{\text{нз}}}{V_1} \quad (4.5)$$

Розраховану величину n округлюють до цілого числа.

$$n = \frac{180,4}{75} = 2,4 \approx 3 \text{ (од.)}$$

Розрахунок обладнання для луцильного відділення проводять відповідно до норм навантаження на робочі органи обладнання.

Загальну довжину вальців вальцедекових верстатів, L, см, вальцевих верстатів та луцильних машин із гумовими вальцями розраховується за формулою 4.6.

$$L = \frac{Q \cdot 1000}{q_m}, \quad (4.6)$$

де q_m – питоме навантаження на 1 см загальної довжини вальців, т/добу.

$$L = \frac{115 \cdot 1000}{550} = 209 \text{ (см)}$$

Після обчислення загальної довжини її потрібно розподілити між лушцильними системами з урахуванням відсоткового виходу фракцій.

Для переробки пшениці беруть такий розподіл загальної довжини валків, %, за системами:

1 - шліфувальна – 20 – 25;

2 - шліфувальна – 20 – 22;

3 - шліфувальна – 15 – 18;

1 - полірувальна – 12 – 15;

2 - полірувальна – 10 – 12;

3 - полірувальна – 10 – 12.

Кількість лушцильних машин безперервної дії А1-3ШН визначаємо за формулою 4.7.

$$n = \frac{Q}{q}, \quad (4.7)$$

де Q - продуктивність заводу, т/добу; q – продуктивність однієї машини, т/добу

$$n = \frac{115}{20} = 6 \text{ (од.)}$$

Розподіл машин по системах матиме наступний вигляд:

- 1 - шліфувальна = 1 шт;
- 2 - шліфувальна = 1 шт ;
- 3 - шліфувальна = 1 шт;
- 1 - полірувальна = 1 шт;
- 2 - полірувальна = 1 шт;
- 3 - полірувальна = 1 шт.

Загальна кількість обладнання та його найменування наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Загальна кількість обладнання

№ п/п	Найменування	Марка	Продуктивність, т/год	Кількість
1	Скальператор	СКС-100	100	1
2	Ваги	ДН-50		1
3	Ситовий сепаратор	ПСО-50	15	1
4	Каменевідбірник	ОМП-6,0	12	1
5	Розсійник	ЗРШ4-4М		8
6	Трієр-куколевідбірник	ТЦК-700	5,3	1
7	Трієр вівсюговідбірник	ТЦО-700	4	2
8	Зволожувальна машина	А1-БШУ-1	12	1
9	Оббивальна машина	РЗ-БГО-8	8	1
10	Повітряний сепаратор	РЗ-БАБ	10,5	1
11	Луцильна машина	А1-ЗШН	3,5	6
12	Бурат	ПБ-1,5	1,5	1

Висновок до розділу 4

1. В технологічній частині було проведено розрахунок виходу крупів пшеничних, розраховане та підібране обладнання для круп'яного заводу продуктивністю 100 т/добу.
2. Наведено технологічну схему круп'яного виробництва.

РОЗДІЛ 5.

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ НАССР

5.1 Інформація про продукт

Опис харчового продукту (крупяни пшеничної) наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Опис харчового продукту

Інформація, що зазначається	Опис
1	2
Назва продукту	Крупяни пшеничні
Нормативний документ, за яким виробляється продукт	ДСТУ 7699:2015 Крупяни пшеничні. Технічні умови
Перелік сировини, матеріалів, що використовуються під час виробництва	Пшениця тверда
Біологічні, хімічні та фізичні показники продукту	Відповідно до ДСТУ 7699:2015 Крупяни пшеничні. Технічні умови
Рекомендації щодо подальшої обробки, необхідної для вживання	Потребує додаткової обробки (термічного оброблення – варіння)
Тип упаковки	Поліпропіленові мішки, паперові мішки, картонні коробки, пачки картонні або паперові
Умови зберігання і термін придатності	Зберігати у чистих, сухих, вентиляваних приміщеннях, не заражених шкідниками хлібних запасів, захищених від дії атмосферних опадів та прямих сонячних променів. Не зберігати з продуктами, які мають специфічний запах. Гарантійний строк зберігання крупів – 9 місяців.
Транспортування та реалізація	Крупяни перевозять залізничним, автомобільним і водним видами транспорту. Транспортні засоби повинні бути чисті, сухі, не заражені шкідниками хлібних запасів, без сторонніх запахів. Мішки з крупянами, призначені для транспортування залізницею, зашивають машинним способом. Під час навантаження, перевезення і вивантаження крупяни мають бути захищені від атмосферних опадів. Оптимальною відносною вологістю повітря зберігання крупів є вологість 60—70%. Сприятлива температура для зберігання крупів— від +5 до +15° С.
Вимоги до маркування	На етикетку наносять: товарний знак і (або) назву підприємства-виробника, його місце знаходження і підпорядкованість; назву продукту (вид, різновид, сорт, номер); масу нетто (кг); дату виготовлення і номер зміни упаковки; строк зберігання (для крупів); позначення стандарту; фразу "зберігати в сухому місці"; інформацію про харчову і енергетичну цінність 100 г продукту. Дата виготовлення і номер зміни позначаються семизначним числом арабськими цифрами і повинні бути нанесені на

	поверхню упаковки або етикетки друкуванням маркувальною фарбою чи штампуванням.
--	---------------------------------------------------------------------------------

продовження табл. 5.1

1	2
Дані про передбачуваного споживача	Загального споживання

Всі показники безпеки та якості крупів пшеничних нормуються ДСТУ 7699:2015 «Крупи пшеничні. Технічні умови». Характеристика показників безпеки готового продукту наведена в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Характеристика показників безпеки крупів пшеничних

Назва групи показників	Назва показника	Характеристика
1	2	3
Органолептичні показник	Колір	жовтий
	Смак	властивий пшеничним крупам, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий
	Запах	властивий пшеничним крупам, без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий
Фізико-хімічні показники	Масова частка вологи, %, не більше	14,0
	Доброякісне ядро, %, не менше	99,2
	Смітна домішка, %, не більше у тому числі:	0,3
	мінеральна, %, не більше	0,05
	шкідлива, %, не більше	0,05
	з них гірчак повзучий і в'язіль різнокольоровий, %, не більше	0,02
	кукіль, %, не більше	0,1
	Зіпсовані ядра, %, не більше	0,2
	Оброблені зерна жита і ячменю, %, не більше	3,0
	Зараженість шкідниками хлібних запасів	Не допускається
	Домішка насіння геліотропа опушено плідного і триходесми сивої	Не допускається
Металомагнітна домішка, мг на 1 кг крупы, не більше	3,0	
Мікробіологічні показники безпеки	Афлатоксин В, мг/кг	0,005
	Зеараленон, мг/кг	1,0
	Т-2 токсин, мг/кг	0,1
	Дезоксиніваленон (вомітоксин), мг/кг	1,0
	Патулін	Не регламентується
Вміст токсичних елементів	Свинець, мг/кг	0,5
	Кадмій, мг/кг	0,1
	Миш'як, мг/кг	0,2
	Ртуть, мг/кг	0,03

	Мідь, мг/кг	10,0
	Цинк, мг/кг	50,0
продовження табл. 5.2		
1	2	3
Вміст радіонуклідів	Стронцій-90, Бк/кг	10,0
	Цезій-137, Бк/кг	30,0

5.2 Аналіз ризиків при виробництві крупів пшеничних

Аналіз ризиків є фундаментальним етапом у системі НАССР і має ключове значення для забезпечення безпечності пшеничних крупів. Цей процес передбачає систематичну ідентифікацію потенційних небезпечних факторів (біологічних, хімічних, фізичних).

Ідентифікація небезпечних чинників в сировині та матеріалах наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Ідентифікація небезпечних чинників в сировині та матеріалах

Сировина	Нормативний документ	Небезпечні чинники		
		Біологічні (Б)	Хімічні (Х)	Фізичні (Ф)
Пшениця	ДСТУ 3768:2019 Пшениця. Технічні умови	Хвороби рослин (сажка, фузаріоз), мікотоксини, шкідники (комахи, гризуни, птахи), порушення умов зберігання	Залишки пестицидів та гербіцидів, важкі метали, мастильні речовини	Сторонні домішки, металомагнітна домішка
Вода питна	ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості	Недостатнє знищення мікроорганізмів	-	Потрапляння сторонніх тіл

Аналіз небезпечних факторів – це перший і важливий принцип системи. Він закладає фундамент для всієї системи управління безпечністю харчових продуктів.

Небезпечні чинники – це будь-які біологічні, хімічні або фізичні чинники, що потенційно здатні спричинити шкоду здоров'ю споживача, якщо вони присутні в харчовому продукті або їх вміст не відповідає нормативам.

Аналіз потенційних небезпек наведено в таблиці 5.4, де наведено опис небезпек та запобіжних заходів.

Таблиця 5.4 – Аналіз потенційних небезпек

Етап технологічного процесу	Шифр небезпек	Опис небезпеки	Запобіжні дії
Приймання зерна	Б	Хвороби рослин, мікотоксини, шкідники (комахи, гризуни, птахи)	Візуальний контроль, лабораторний аналіз, відбраковка партій із перевищенням допустимих норм, уникнення розсипів зерна, встановлення пасток
	Х	Залишки пестицидів та гербіцидів, важкі метали, мастильні речовини	Контроль сировини, відбраковка партій із перевищенням допустимих норм, дотримання вимог чистоти транспортних засобів
	Ф	Сторонні домішки, металомагнітна домішка	Візуальний контроль сировини, металомагнітні вловлювачі
Очищення зерна	Б	Мікотоксини	Лабораторний аналіз
	Х	Залишки пестицидів та гербіцидів, важкі метали	Сертифікати якості, лабораторне дослідження
	Ф	Сторонні домішки	Контроль процесу
Водотеплова обробка	Б	Недостатнє знищення мікроорганізмів у воді	Якісне очищення води, контроль її якості, контроль температури й часу обробки, підготовка води
	Ф	Потрапляння сторонніх тіл у воду	Фільтрація води, санітарний контроль, підготовка води
Лущення зерна	Ф	Металомагнітна домішка	Встановлення магнітних колонок/сепараторів
Шліфування зерна	Ф	Металомагнітна домішка	Встановлення магнітних колонок/сепараторів
Полірування ядра та сортування	Ф	Металомагнітна домішка	Встановлення магнітних колонок/сепараторів
Контроль крупів за номерами	Ф	Металомагнітна домішка	Встановлення магнітних колонок/сепараторів
Фасування	Ф	Металомагнітна домішка, забруднене пакування,	Встановлення магнітних колонок/сепараторів, перевірка пакувальних матеріалів
Надходження на склад	Б	Порушення умов зберігання	Контроль за мікрокліматом в складських приміщеннях

Після ідентифікації та аналізу всіх потенційних небезпечних факторів на кожному етапі технологічного процесу, наступним кроком є оцінка значущості цих ризиків.

Встановлення значущості ризиків – це процес визначення, наскільки серйозним є кожен виявлений небезпечний фактор. Він допомагає відрізнити незначні проблеми від тих, які потребують суворого контролю.

Мета полягає не в усуненні всіх ризиків (це часто неможливо або економічно недоцільно), а в ідентифікації та управлінні значущими ризиками до прийняттого рівня.

Для оцінки значущості також можна користуватись Діаграмою аналізу ризиків, що наведена в таблиці 5.5 «Метод визначення значущості небезпечних факторів».

Таблиця 5.5 – Метод визначення значущості небезпечних факторів

	Серйозність шкідливого впливу - C			
	К = В x C	Невисока (C = 1)	Середня (C = 2)	Висока (C = 3)
Ймовірність виникнення небезпечного фактора - В	Невисока (В = 0,1)	K = 0,1 -	K = 0,2 -	K = 0,3 -
	Середня (В = 0,2)	K = 0,2 -	K = 0,4 -	K = 0,6 +
	Висока (В = 0,3)	K = 0,3 -	K = 0,6 +	K = 0,9 +

Якщо коефіцієнт $K > 0,6$, то небезпечний фактор – значимий.

Підсумкова інформація аналізу небезпечних факторів, де вказано небезпечні фактори, аналіз та оцінка значущості, а також контроль і заходи управління наведена в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Підсумкова таблиця аналізу небезпечних факторів

Етап	Небезпечний фактор	Ймовірність	Серйозність	Значущість	Контроль, заходи управління
1	2	3	4	5	6
Приймання зерна	Хвороби рослин, мікотоксини, шкідники (комахи, гризуни, птахи)	0,3	3	0,9	Візуальний контроль, лабораторний аналіз, відбраковка, уникнення розсипів зерна, встановлення пасток

	Залишки пестицидів та гербіцидів, важкі метали, маститильні речовини	0,2	3	0,6	Лабораторний аналіз, відбраковка, сертифікати якості, дотримання вимог чистоти транспортних засобів
продовження табл. 5.6					
1	2	3	4	5	6
	Сторонні домішки, металомагнітна домішка	0,3	2	0,6	Візуальний контроль сировини, металомагнітні вловлювачі
Очищення зерна	Мікотоксини, шкідники (гризуни)	0,2	3	0,6	Візуальний огляд, лабораторний аналіз
	Залишки пестицидів та гербіцидів, важкі метали	0,2	3	0,6	Сертифікати якості, дослідження
	Сторонні домішки	0,2	2	0,4	Просіювання, аспірація
Водотеплова обробка	Недостатнє знищення мікроорганізмів	0,1	3	0,3	Контроль температури, часу, якості води
	Сторонні тіла у воді	0,1	2	0,2	Фільтрація, санітарний контроль
Лущення зерна	Металомагнітна домішка	0,1	3	0,3	Встановлення магнітних колонок/сепараторів
Шліфування зерна	Металомагнітна домішка	0,1	3	0,3	Встановлення магнітних колонок/сепараторів
Полірування ядра та сортування	Металомагнітна домішка	0,1	3	0,3	Встановлення магнітних колонок/сепараторів
Контроль крупів за номерами	Металомагнітна домішка	0,1	3	0,3	Встановлення магнітних колонок/сепараторів
Фасування	Забруднене пакування	0,1	2	0,2	Перевірка пакувальних матеріалів
	Металомагнітна домішка	0,1	3	0,3	Встановлення магнітних колонок/сепараторів
Надходження на склад	Порушення умов зберігання, шкідники (гризуни)	0,1	2	0,2	Контроль за мікрокліматом в складських приміщеннях

Після детального аналізу небезпечних факторів та встановлення їхньою значущості, наступним кроком у розробці плану НАССР є визначення критичних контрольних точок (далі – ККТ).

Для допомоги у визначенні правильних ККТ використовувалось «Дерево прийняття рішень», що наведено на рисунку 5.1.

Якщо Дерево рішень вказує на те що на певному етапі немає ККТ це не означає, що цей етап не потрібно контролювати. Навпаки, це означає, що для

контролю на цьому етапі буде достатньо застосування Операційної програми-передумови (далі – ОПП).

ОПП контролюють значущі ризики, які були виявлені під час аналізу небезпечних факторів, але які не є ККТ.

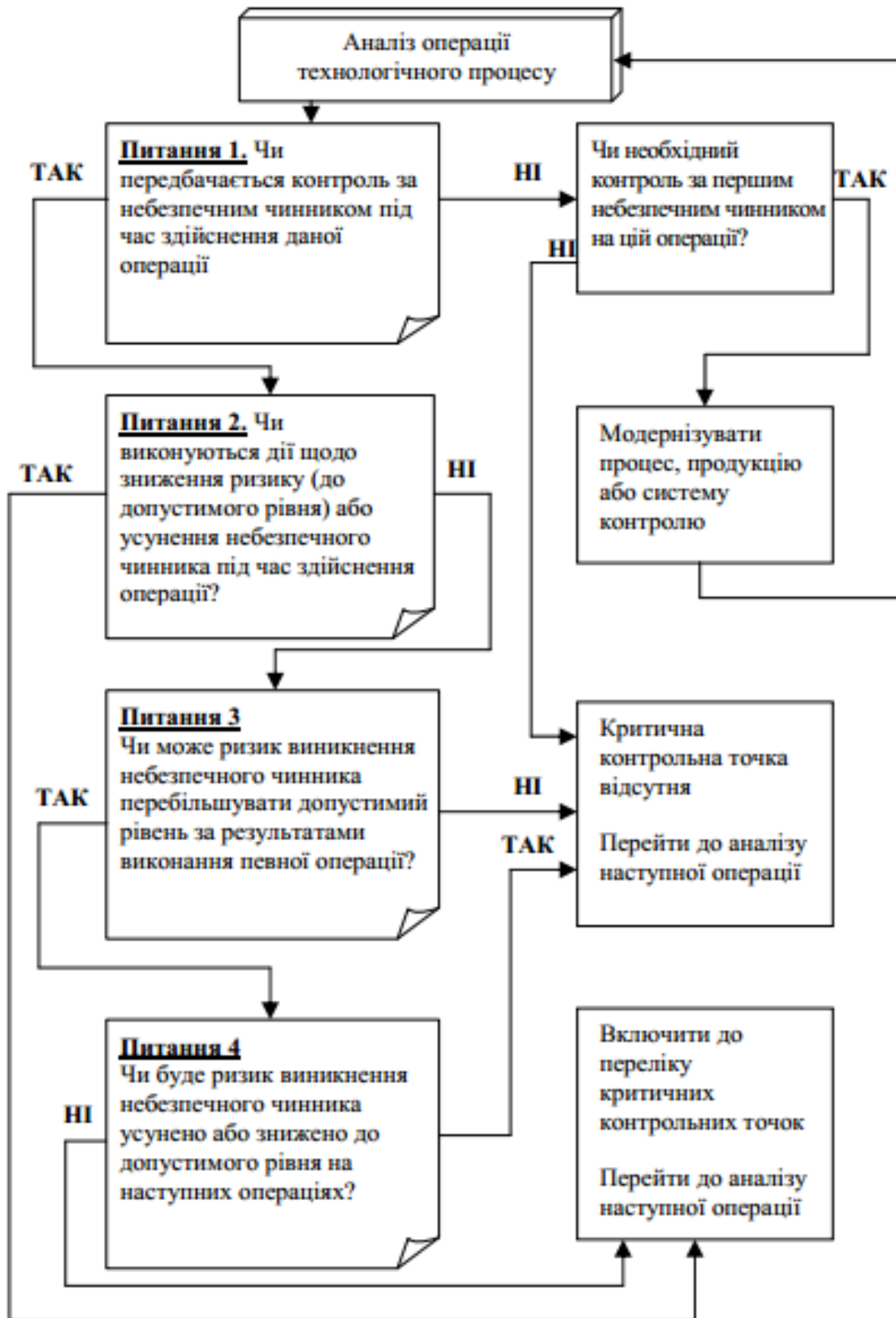


Рис. 5.1 - «Дерево прийняття рішень» щодо визначення ККТ

Виявлення критичних контрольних точок наведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Виявлення критичних контрольних точок

Етап	Небезпечний фактор	Значущість	Питання 1	Питання 2	Питання 3	Питання 4	Чи є ККТ?
1	2	3	4	5	6	7	8
Приймання сировини	Б – хвороби рослин, мікотоксини, шкідники (комахи, гризуни, птахи)	0,9	так	ні	так	ні	Так, ККТ1
	Х – залишки пестицидів та гербіцидів, важкі метали, мастильні речовини	0,6	так	ні	так	ні	Так, ККТ1
	Ф1 – металоманітна домішка	0,3	так	так	-	-	Так, ККТ1
	Ф2 – сторонні домішки	0,6	так	ні	ні	так	Ні, ОПП1
Очищення зерна	Б – мікотоксини, шкідники (гризуни)	0,6	так	ні	ні	-	Ні, ОПП2
	Х – залишки пестицидів та гербіцидів, важкі метали	0,6	так	ні	ні	-	Ні, ОПП2
	Ф1 – сторонні домішки	0,4	так	ні	ні	так	Ні, ОПП2
	Ф2 – металоманітна домішка	0,3	так	так	-	-	Так, ККТ2
Водотеплова обробка	Б – недостатнє знищення мікроорганізмів	0,3	так	ні	ні	-	Ні, ОПП3
	Ф – сторонні тіла у воді	0,2	так	ні	ні	-	Ні, ОПП3
Луцання зерна	Ф – металоманітна домішка	0,3	так	так	-	-	Так, ККТ4
Шліфування зерна	Ф – металоманітна домішка	0,3	так	так	-	-	Так, ККТ5
Сортування продуктів шліфування	Ф – пил, дрібні частки	0,2	так	ні	так	так	Ні, ОПП6
Полірування ядра та сортування	Ф – металоманітна домішка	0,3	так	так	-	-	Так, ККТ7
Контроль крупів за номерами	Ф – металоманітна домішка	0,3	так	так	-	-	Так, ККТ8
Фасування	Ф1 – металоманітна домішка	0,3	так	так	-	-	Так, ККТ9
	Ф2 – забруднене пакування	0,2	так	ні	ні	-	Ні, ОПП9
Надходження на склад	Б – порушення умов зберігання, шкідники (гризуни)	0,2	так	ні	ні	-	Ні, ОПП10

Для кожної ККТ мають бути встановлені критичні межі.

Критичні межі – це крайні прийнятні показники (значення), які відділяють виробництво безпечного продукту від небезпечного. Вони чітко розмежовують прийнятні та неприйнятні умови виробництва. Критичні межі повинні бути вимірними або, якщо неможливо встановити вимірні критичні межі, помітними для доведення того, що ККТ є під контролем.

Значення критичних меж повинні базуватись на достатніх доказах того, що вони забезпечуватимуть контроль за технологічним процесом.

Специфікація критичних меж для кожної ККТ наведено в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Специфікація критичних меж для кожної ККТ

№ ККТ	Потенційні ризики	Характеристика небезпечних чинників	Граничне значення ККТ
1	2	3	4
ККТ1	Б1	Хвороби рослин	Зіпсовані зерна, %, не більше ніж 0,2 зокрема: фузаріозні зерна – у межах зіпсованих зерен; шкідлива домішка – 0,2, зокрема: сажка, ріжки (разом) – 0,05; триходесма сива – не дозволено; кукіль – у межах шкідливої домішки; кожен з видів токсичного насіння – 0,05 Сажкове зерно, %, не більше ніж 5,0
	Б2	Мікотоксини	афлатоксин В – 0,005 мг/кг; зеараленон – 1,0 мг/кг; Т-2 токсин – 0,1 мг/кг; дезоксиніваленон (вомітоксин) – 1,0 мг/кг; патулін – не регламентується
	Б3	Шкідники (комахи)	Не допускається, крім зараженості кліщем не вище 1 ступеня
	Б4	Шкідники (гризуни)	Зараженість шкідниками зерна – не дозволяється
	Б5	Шкідники (птахи)	Зараженість шкідниками зерна – не дозволяється
	Х1	Залишки пестицидів та гербіцидів	Перелік пестицидів, за якими здійснюється контроль зерна, залежить від використання їх на конкретній території і узгоджується із службами Міністерства охорони здоров'я і ветеринарної медицини України
	Х2	Важкі метали	свинець – 0,5 мг/кг; кадмій – 0,1 мг/кг; миш'як – 0,2 мг/кг; ртуть – 0,03 мг/кг; мідь – 10,0 мг/кг; цинк – 50,0 мг/кг; стронцій-90 – 10,0 Бк/кг; цезій-137 – 30,0 Бк/кг
	Х3	Мастильні речовини	Не допускається
	Ф1	Металомагнітна домішка	Розміром окремих частинок у найбільшому лінійному вимірі не більше ніж 0,3 мм/ або масою до 0,4 мг, не більше ніж 3,0 мг в 1 кг круп; розміром і масою окремих частинок більше, ніж наведені вище значення – не дозволено
ККТ2	Ф2	Металомагнітна домішка	
ККТ4	Ф	Металомагнітна домішка	
ККТ5	Ф	Металомагнітна домішка	
ККТ7	Ф	Металомагнітна домішка	
ККТ8	Ф	Металомагнітна домішка	
ККТ9	Ф1	Металомагнітна домішка	

Специфікація критичних меж для кожної ОПП наведено в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 - Специфікація критичних меж для кожної ОПП

№ ОПП	Потенційні ризики	Характеристика небезпечних чинників	Граничне значення ОПП
ОПП1	Ф2	Сторонні домішки	Зернова домішка, %, не більше ніж 5,0: зокрема: пророслі зерна 1,0 Сміттєва домішка, %, не більше ніж – 2,0: зокрема: мінеральна домішка – 0,3, зокрема: галька, шлак, руда – 0,15; зіпсовані зерна – 0,2
ОПП2	Б1	Мікотоксини	афлатоксин В – 0,005 мг/кг; зеараленон – 1,0 мг/кг; Т-2 токсин – 0,1 мг/кг; дезоксиніваленон (вомітоксин) – 1,0 мг/кг; патулін – не регламентується
	Б2	Шкідники (гризуни)	Зараженість шкідниками зерна – не дозволяється
	Х1	Залишки пестицидів та гербіцидів	Перелік пестицидів, за якими здійснюється контроль зерна, залежить від використання їх на конкретній території і узгоджується із службами Міністерства охорони здоров'я і ветеринарної медицини України.
	Х2	Важкі метали	Стронцій-90 – 10,0 Бк/кг; цезій-137 – 30,0 Бк/кг
	Ф1	Сторонні домішки	Сміттєва домішка, %, не більше ніж – 2,0 зокрема: мінеральна домішка – 0,3, зокрема: галька, шлак, руда – 0,15; зіпсовані зерна – 0,2
ОПП3	Б	Недостатнє знищення мікроорганізмів	ЗМЧ, що досліджують за 37°C – 100 КУО/см ³ ; ЗМЧ, що досліджують за 20°C – не дозволяють; індекс БГКП – 3 КУО/дм ³
	Ф	Сторонні тіла у воді	Відсутність часток >0,1 мм; відсутність іржі або частинок металу в контакт з продуктом
ОПП6	Ф	Пил, дрібні частки	Вміст пилу не більше 0,1%
ОПП9	Ф2	Забруднене пакування	Пакувальні матеріали дозволені до контакту з харчовими продуктами (сертифікат)
ОПП10	Б1	Порушення умов зберігання	Відносна вологість повітря – 60 – 70%, при температурі від +5 до +15°C
	Б2	Шкідники (гризуни)	Зараженість шкідниками зерна – не дозволяється

Після визначення ККТ та встановлення для них критичних меж наступними важливими кроками у системі НАССР є розроблення процедур моніторингу та визначення коригувальних дій. Ці два принципи тісно взаємопов'язані та є запорукою ефективного функціонування системи безпеки харчових продуктів.

Процедури моніторингу та коригувальні дії для обраних ККТ та ОПП наведені в Додатку А.

5.3 Оформлення HACCP-плану для виробництва безпечного продукту

Основним документом при впровадженні системи безпеки на харчовому підприємстві є HACCP-план.

План HACCP – документ, підготовлений відповідно до принципів HACCP для забезпечення контролю за небезпечними факторами, які є визначальними для безпеки харчових продуктів на тому етапі харчового ланцюга, який розглядається.

HACCP-план виробництва крупів пшеничних наведений в Додатку Б.

Висновки до розділу 5

1. Ідентифіковано всі потенційні небезпечні фактори (біологічні, хімічні та фізичні), що можуть виникати на критичних етапах технологічного процесу.
2. Визначено критичні контрольні точки та операційні програми-передумови.
3. Для кожної критичної контрольної точки встановлено критичні межі, що забезпечують контроль і недопущення небезпечних відхилень у безпеці продукції.
4. Розроблено схему моніторингу для кожної критичної межі, що дає можливість своєчасно виявити та запобігти ризикам.
5. Визначено коригувальні дії, які необхідно виконувати у випадку виходу параметрів за встановлені критичні межі.
6. Сформований HACCP-план, що забезпечує простежуваність усіх дій та контрольованість виробничого процесу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою досліджень кваліфікаційної магістерської роботи було встановити вплив вмісту битого зерна пшениці у початковій партії на ефективність її лушення.

На основі поставленої мети були сформувані наступні висновки:

1. Встановлено характеристики якості досліджуваного зерна пшениці, які були покладені в основу аналізу його поведінки під час лушення. Отримані показники дозволили коректно описати вплив фізико-механічних властивостей зернової маси на перебіг процесу.

2. Визначено вплив швидкості обертання робочих органів луцильника на інтенсивність руйнування зерна та формування індексу лушення. На основі проведеного повного факторного експерименту отримано рівняння регресії, що дає змогу прогнозувати поведінку зерна при зміні режимів обробки та використовувати проміжні значення для моделювання технологічних параметрів. Отримано залежність між тривалістю дії абразивних робочих органів та індексом лушення.

3. З'ясовано, що суттєвих відмінностей між безперервним і періодичним лушенням не спостерігається. Обидва режими забезпечують близькі за величиною показники індексу лушення, що свідчить про їх технологічну рівноцінність за досліджуваних умов і забезпечують аналогічний рівень технологічної ефективності.

4. Встановлено вагомий вплив вмісту битих зерен у початковій партії пшениці на інтенсивність руйнування зерна під час лушення. Збільшення вмісту пошкоджених зерен сприяє зростанню індексу лушення та зміні характеру дії абразивних робочих органів на зернову масу. Доведено, що кількість витих зерен є ключовим фактором, який визначає ефективність лушення. Підвищений вміст пошкоджених зерен знижує опір зернової маси руйнуванню, що призводить до зміни реальних технологічних показників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи для здобуття освіт. ступеня «Магістр» спец. 181 «Харчові технології» освіт.-проф. програми «Технології зберігання і переробки зерна» ден. та заоч. форм навч. / уклад. О. І. Харченко, Т. І. Янюк, А. В. Шаран. – К. : НУХТ, 2021. – 22 с.
2. Комплексна дисципліна. Харчові технології. Модуль 2. Технологія зберігання і переробки зерна [Електронний ресурс]: методичні рекомендації до проведення практичних занять для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Харчові технології та інженерія» денної форми здобуття освіти/ уклад. Т.Т. Корж, Є.І. Харченко – К.: НУХТ, 2023. – 38 с.
3. Супрун-Крестова О.Ю. Технологія круп'яного виробництва: конспект лекцій для студ. спец. 6.091700 “Технологія зберігання і переробки зерна” заоч. форми навчання – К.: НУХТ, 2007. – 74 с.
4. Технологія круп'яного виробництва: навч. посібник / Є.І. Шутенко, С.М. Соц. – К.: Освіта, Україна, 2010. – 272 с.
5. Харченко, Є. І. Вплив битого зерна в пшениці на ефективність лушення/Є. І. Харченко, А. В. Шаран, О. Ю. Косюк // Інноваційні технології та підвищення ефективності виробництва харчових продуктів: тези доповідей V Всеукраїнської науково-практичної конференції в заочній формі, 21 жовтня 202 р. – Умань : УНУС, 2024. – С. 34–37.
6. 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
7. Косюк, О. Вплив періодичності на індекс лушення пшениці / О. Косюк, Є. Харченко // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 91-ї Міжнародної

- наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 7–11 квітня 2025 р., м. Київ. – Київ : НУХТ, 2025. – Ч. 1. – С. 124.
8. «Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах» підготовлені колективом виконавців Київського інституту хлібопродуктів та Державної акціонерної компанії «Хліб України»: Г.Д. Крошко, В.І. Левченко, Л.Н. Назаренко, В.А. Стрій (науковий керівник), Л.Д. Щабельська. – 163 с.
 9. Інновації в зернових технологіях [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до викон. курс. проекту для здобувачів освіт. ступеня «Магістр» спец. 181 «Харчові технології» освіт.-проф. програми «Технології зберігання і переробки зерна» ден. та заоч. форм навч./уклад.: А.В. Шаран, Є.І. Харченко. – К.: НУХТ, 2021. – 62 с.
 10. Менеджмент якості та безпеки продукції в зернових технологіях [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до викон. курсової роботи для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Технології зберігання і переробки зерна» денної та заочної форм навчання / уклад. О.Ю. Супрун-Крестова. – К.: НУХТ, 2020. – 36 с.
 11. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови.
 12. ДСТУ 7699:2015. Крупи пшеничні. Технічні умови.
 13. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів»
 14. Наказу Міністерства аграрної політики та продовольства № 590 «Про затвердження вимог щодо розробки, впровадження та застосування постійно діючих процедур заснованих на принципах Системи управління безпечністю харчових продуктів (НАССР)»

ДОДАТОК А. ПРОЦЕДУРИ МОНІТОРИНГУ ТА КОРИГУВАЛЬНІ ДІЇ ДЛЯ ОБРАНИХ ККТ ТА ОПП

ККТ № / стадія Процедура моніторингу процесу	Небезпечні чинники	Критична межа	Процедура моніторингу					Коригування та коригувальні дії / Відповідальність / Протоколи
			Вимірювання або спостереження	прилади, що використовуються для моніторингу	Частота	хто виконує моніторинг/ оцінює результати	протоколи	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЕТАП 1. ПРИЙМАННЯ СИРОВИНИ								
ККТ1Б1	Хвороби рослин	Зіпсовані зерна, %, не більше ніж 0,2 зокрема: фузаріозні зерна – у межах зіпсованих зерен; шкідлива домішка – 0,2, зокрема: сажка, ріжки (разом) – 0,05; триходесма сива – не дозволено; кукіль – у межах шкідливої домішки; кожен з видів токсичного насіння – 0,05 Сажкове зерно, %, не більше ніж 5,0	Візуальний контроль	Лабораторне обладнання	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	Журнал приймання та вхідного контролю	Відмова у прийманні сировини за умов його невідповідності вимогам щодо безпечності, відсутності документів, що засвідчують безпечність готової продукції
ККТ1Б2	Мікотоксини	афлатоксин В – 0,005 мг/кг; зеараленон – 1,0 мг/кг; Т-2 токсин – 0,1 мг/кг; дезоксиніваленон (вомітоксин) – 1,0 мг/кг; патулін – не регламентується	Лабораторний аналіз	Тести для визначення мікотоксинів	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	Журнал приймання та вхідного контролю	--/--/--
ККТ1Б3	Шкідники (комахи)	Не допускається, крім зараженості кліщем не вище 1 ступеня	Візуальний контроль	-	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	Журнал приймання сировини	--/--/--
ККТ1Б4	Шкідники (гризуни)	Зараженість шкідниками зерна – не дозволяється	Візуальний контроль	-	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	Журнал приймання сировини	--/--/--, встановлення пасток
ККТ1Б5	Шкідники (комахи)	Зараженість шкідниками зерна – не дозволяється	Візуальний контроль	-	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	Журнал приймання сировини	--/--/--, уникнення розсіпів зерна
ККТ1Х1	Залишки пестицидів та гербіцидів	ДСанПІН 8.8.1.2.3.4-000-2001 Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах	Лабораторний аналіз	Нітрат-тестер	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	Журнал приймання сировини	--/--/--
ККТ1Х2	Важкі метали	свинець – 0,5 мг/кг; кадмій – 0,1 мг/кг; миш'як – 0,2 мг/кг; ртуть – 0,03 мг/кг; мідь – 10,0 мг/кг; цинк – 50,0 мг/кг; стронцій-90 – 10,0 Бк/кг; цезій-137 – 30,0 Бк/кг	Лабораторний аналіз, картка аналізу зерна	Атомно-абсорбційний спектрометр	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	Журнал приймання сировини	--/--/--

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ККТ1Х3	Мастильні речовини	Не допускається	Візуальний контроль	-	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	Журнал приймання сировини	--/--/--, дотримання вимог чистоти транспортних засобів
ККТ1Ф1	Металомагнітна домішка	Розміром окремих частинок у найбільшому лінійному вимірі не більше ніж 0,3 мм/ або масою до 0,4 мг, не більше ніж 3,0 мг в 1 кг круп; розміром і масою окремих частинок більше, ніж наведені вище значення – не дозволено	Перевірка магнітів	Магнітні сепаратори/ колонки	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	Журнал приймання сировини	--/--/--, очищення магнітів
ОПП1Ф2	Сторонні домішки	Зернова домішка, %, не більше ніж 5,0; зокрема: пророслі зерна 1,0. Смітєва домішка, %, не більше ніж – 2,0; зокрема: мінеральна домішка – 0,3, зокрема: галька, шлак, руда – 0,15; зіпсовані зерна – 0,2	Візуальний контроль	Сита, ваги	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	Журнал приймання сировини	--/--/--
ЕТАП 2. ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА								
ОПП2Б1	Мікотоксини	афлатоксин В – 0,005 мг/кг; зеараленон – 1,0 мг/кг; Т-2 токсин – 0,1 мг/кг; дезоксиніваленон (вомітоксин) – 1,0 мг/кг; патулін – не регламентується	Лабораторний контроль	Тести для визначення мікотоксинів	Кожна партія	Лаборант	Журнал контролю сировини	Відбраковка продукції
ОПП2Б2	Шкідники (гризуни)	Зараженість шкідниками зерна – не дозволяється	Візуальний контроль, перевірка пасток	-	Постійно	Спеціаліст санітарного контролю	Журнал контролю за гризунами	Встановлення пасток
ОПП2Х1	Залишки пестицидів та гербіцидів	ДСанПІН 8.8.1.2.3.4-000-2001 Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах	Лабораторний контроль	Нітрат-тест	Кожна партія	Лаборант	Журнал контролю сировини	Відбраковка продукції
ОПП2Х2	Важкі метали	стронцій-90 – 10,0 Бк/кг; цезій-137 – 30,0 Бк/кг	Лабораторний контроль, картка аналізу зерна	Атомно-абсорбційний спектрометр	Кожна партія	Лаборант	Журнал контролю сировини	Відбраковка продукції
ОПП2Ф1	Сторонні домішки	Смітєва домішка, %, не більше – 2,0, зокрема: мінеральна домішка – 0,3, зокрема: галька, шлак, руда – 0,15; зіпсовані зерна – 0,2	Візуальний контроль	Сита	Кожна партія	Технолог зміни	Журнал контролю	Додаткове очищення
ККТ2Ф2	Металомагнітна домішка	Розміром окремих частинок у найбільшому лінійному вимірі не більше ніж 0,3 мм/ або масою до 0,4 мг, не більше ніж 3,0 мг в 1 кг круп; розміром і масою окремих частинок більше, ніж наведені вище значення – не дозволено	Перевірка магнітів	Магнітні сепаратори/ колонки	Кожна партія	Лаборант	Журнал контролю сировини	Очищення магнітів
ЕТАП 3. ВОДОТЕПЛОВА ОБРОБКА								
ОППЗБ	Недостатнє знищення мікроорганізмів	ЗМЧ, що досліджують за 37°C – 100 КУО/см ³ ; ЗМЧ, що досліджують за 20°C – не дозволяють; індекс БГКП – 3 КУО/дм ³	Контроль параметрів	Аналізатор якості води	Постійно	Лаборант	Протокол контролю обробки	Корекція параметрів, повторна обробка

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ОППЗФ	Сторонні тіла у воді	Відсутність часток >0,1 мм; відсутність іржі або частинок металу в контактi з продуктом	Візуальний контроль, фільтрація	Фільтри	Постійно	Оператор водоочистки	Журнал санітарного контролю	Очищення фільтрів
ЕТАП 4. ЛУЩЕННЯ ЗЕРНА								
ККТ4Ф	Металомагнітна домішка	Розміром окремих частинок у найбільшому лінійному вимірі не більше ніж 0,3 мм/ або масою до 0,4 мг, не більше ніж 3,0 мг в 1 кг круп;	Перевірка магнітів	Магнітні сепаратори/ колонки	Постійно	Технолог зміни	Журнал контролю	Очищення магнітів
ЕТАП 5. ШЛІФУВАННЯ ЗЕРНА								
ККТ5Ф	Металомагнітна домішка	Розміром окремих частинок у найбільшому лінійному вимірі не більше ніж 0,3 мм/ або масою до 0,4 мг, не більше ніж 3,0 мг в 1 кг круп	Перевірка магнітів	Магнітні сепаратори/ колонки	Постійно	Технолог зміни	Журнал контролю	Очищення магнітів
ЕТАП 6. СОРТУВАННЯ ПРОДУКТІВ ШЛІФУВАННЯ								
ОПП6Ф	Пил, дрібні частки	Вміст пилу не більше 0,1%	Візуальний контроль, аспірація	Аспіраційне обладнання	Постійно	Оператор аспірації	Журнал санітарного контролю	Регулювання системи аспірації
ЕТАП 7. ПОЛІРУВАННЯ ЯДРА ТА ПОПЕРЕДНЄ СОРТУВАННЯ								
ККТ7Ф	Металомагнітна домішка	Розміром окремих частинок у найбільшому лінійному вимірі не більше ніж 0,3 мм/ або масою до 0,4 мг, не більше ніж 3,0 мг в 1 кг круп	Перевірка магнітів	Магнітні сепаратори/ колонки	Постійно	Технолог зміни	Журнал контролю	Очищення магнітів
ЕТАП 8. ОСТАТОЧНЕ СОРТУВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ КРУП ЗА НОМЕРАМИ								
ККТ8Ф	Металомагнітна домішка	Розміром окремих частинок у найбільшому лінійному вимірі не більше ніж 0,3 мм/ або масою до 0,4 мг, не більше ніж 3,0 мг в 1 кг круп	Перевірка магнітів	Магнітні сепаратори/ колонки	Постійно	Технолог зміни	Журнал контролю	Очищення магнітів
ЕТАП 9. ФАСУВАННЯ								
ККТ9Ф1	Металомагнітна домішка	Розміром окремих частинок у найбільшому лінійному вимірі не більше ніж 0,3 мм/ або масою до 0,4 мг, не більше ніж 3,0 мг в 1 кг круп	Перевірка магнітів	Магнітні сепаратори/ колонки	Постійно	Технолог зміни	Журнал контролю	Очищення магнітів
ОПП9Ф2	Забруднене пакування	Пакувальні матеріали дозволені до контакту з харчовими продуктами	Візуальний контроль	Візуальний інспектор	Перед фасуванням	Оператор пакувальної дільниці	Журнал контролю упаковки	Заміна упаковки
ЕТАП 10. НАДХОДЖЕННЯ НА СКЛАД								
ОПП10Б1	Порушення умов зберігання	Відносна вологість повітря – 60 – 70%, при температурі від +5 до +15°C	Візуальний контроль	Термогігрометр	Постійно	Начальник складу	Журнал стану складу	Регулювання температури та вологості, повторний контроль
ОПП10Б2	Шкідники (гризуни)	Зараженість шкідниками зерна – не дозволяється	Візуальний контроль (пастки)	-	Постійно	Спеціаліст санітарного контролю	Журнал контролю за гризунами	Встановлення пасток

ДОДАТОК Б. НАССР-ПЛАН ВИРОБНИЦТВА КРУПІВ ПШЕНИЧНИХ

№ ККТ	Етап	Небезпечний чинник	Опис небезпечного чинника	Критичні межі / цільові значення	Моніторинг				Корекція / коригувальні дії	Протоколи	Перевірка
					Що?	Як?	Частота?	Хто?			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ККТ1	Приймання сировини	Б1	Хвороби рослин	Зіпсовані зерна, %, не більше 0,2: зокрема: фузаріозні зерна – у межах зіпсованих зерен; шкідлива домішка – 0,2, зокрема: сажка, ріжки – 0,05; триходесма сива – не дозволено; кукіль – у межах шкідливої домішки; кожен з видів токсичного насіння – 0,05; Сажкове зерно, %, не більше 5,0	Хвороби зерна	Візуальний контроль	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	Відмова у прийманні сировини за умов його невідповідності вимогам щодо безпеки, відсутності документів, що засвідчують безпеку	Журнал приймання та вхідного контролю	Результати внутрішніх аудитів
		Б2	Мікотоксини	афлатоксин В – 0,005 мг/кг; зеараленон – 1,0 мг/кг; Т-2 токсин – 0,1 мг/кг; дезоксиніваленон (вомітоксин) – 1,0 мг/кг; патулін – не регламентується	Вміст мікотоксинів	Лабораторний аналіз	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	--/--/--	Журнал приймання та вхідного контролю	Результати внутрішніх аудитів
		Б3	Шкідники (комахи)	Не допускається, крім зараженості кліщем не вище 1 ступеня	Наявність комах	Візуальний контроль	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	--/--/--	Журнал приймання та вхідного контролю	Результати внутрішніх аудитів
		Б4	Шкідники (гризуни)	Зараженість шкідниками зерна – не дозволяється	Наявність гризунів	Візуальний контроль	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	--/--/--, встановлення пасток	Журнал приймання та вхідного контролю	Результати внутрішніх аудитів
		Б5	Шкідники (птахи)	Зараженість шкідниками зерна – не дозволяється	Наявність птахів у зоні приймання	Візуальний контроль	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	--/--/--, уникнення розсипів зерна	Журнал приймання та вхідного контролю	Результати внутрішніх аудитів
		X1	Залишки пестицидів та гербіцидів	ДСанПІН 8.8.1.2.3.4-000-2001 Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах	Залишкові домішки пестицидів	Лабораторний аналіз	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	--/--/--	Журнал приймання та вхідного контролю	Результати внутрішніх аудитів

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		X2	Важкі метали	свинець – 0,5 мг/кг; кадмій – 0,1 мг/кг; миш'як – 0,2 мг/кг; ртуть – 0,03 мг/кг; мідь – 10,0 мг/кг; цинк – 50,0 мг/кг; стронцій-90 – 10,0 Бк/кг; цезій-137 – 30,0 Бк/кг	Важкі метали	Лабораторний аналіз	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	--/--/--	Журнал приймання та вхідного контролю	Результати внутрішніх аудитів
		X3	Масильні речовини	Не дозволяється	Наявність слідів масильних речовин	Візуальний контроль	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	--/--/--, дотримання вимог чистоти транспортних засобів	Журнал приймання та вхідного контролю	Результати внутрішніх аудитів
		Ф1	Металомагнітна домішка	Розміром окремих частинок у найбільшому вимірі не більше ніж 0,3 мм/ або масою до 0,4 мг, не більше ніж 3,0 мг в 1 кг крупів	Металомагнітна домішка	Перевірка магнітів	Кожна партія	Лаборант виробничої лабораторії	--/--/--, очищення магнітів	Журнал приймання та вхідного контролю	Результати внутрішніх аудитів
ККТ2	Очищення зерна	Ф2	Металомагнітна домішка	Розміром окремих частинок у найбільшому лінійному вимірі не більше ніж 0,3 мм/ або масою до 0,4 мг, не більше ніж 3,0 мг в 1 кг крупів; розміром і масою окремих частинок більше, ніж наведені вище значення – не дозволено	Металомагнітна домішка	Перевірка магнітів	Кожна партія	Лаборант	Очищення магнітів	Журнал контролю сировини	Результати внутрішніх аудитів
ККТ4	Лушення зерна	Ф	Металомагнітна домішка	Розміром окремих частинок у найбільшому вимірі не більше ніж 0,3 мм/ або масою до 0,4 мг, не більше ніж 3,0 мг в 1 кг крупів	Металомагнітна домішка	Перевірка магнітів	Постійно	Технолог зміни	Очищення магнітів	Журнал контролю	Результати внутрішніх аудитів
ККТ5	Шліфування зерна	Ф	Металомагнітна домішка	Розміром окремих частинок у найбільшому вимірі не більше ніж 0,3 мм/ або масою до 0,4 мг, не більше ніж 3,0 мг в 1 кг крупів	Металомагнітна домішка	Перевірка магнітів	Постійно	Технолог зміни	Очищення магнітів	Журнал контролю	Результати внутрішніх аудитів
ККТ8	Контроль крупів за номерами	Ф	Металомагнітна домішка	Розміром окремих частинок у найбільшому вимірі не більше ніж 0,3 мм/ або масою до 0,4 мг, не більше ніж 3,0 мг в 1 кг крупів	Металомагнітна домішка	Перевірка магнітів	Постійно	Технолог зміни	Очищення магнітів	Журнал контролю	Результати внутрішніх аудитів
ККТ9	Фасування	Ф1	Металомагнітна домішка	Розміром окремих частинок у найбільшому вимірі не більше ніж 0,3 мм/ або масою до 0,4 мг, не більше ніж 3,0 мг в 1 кг крупів	Металомагнітна домішка	Перевірка магнітів	Постійно	Технолог зміни	Очищення магнітів	Журнал контролю	Результати внутрішніх аудитів

ДОДАТОК В. ОПУБЛІКОВАНІ ТЕЗИ

**Міністерство освіти і науки України
Уманський національний університет садівництва
Кафедра харчових технологій
Державний торговельно-економічний університет
Кафедра товарознавства, управління безпеністю та якістю
Таврійський державний агротехнологічний університет
ім. Дмитра Моторного
Кафедра харчових технологій та готельно-ресторанної справи**

«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ»

**МАТЕРІАЛИ
V Всеукраїнської науково-практичної конференції**

Умань – 2024

5. Високоякісне чисте вино можна виготовляти, скориставшись, удосконаленою технологією і науково обґрунтованими рекомендаціями / І. Бабич, М. Білько, В. Домарецький // Харчова і переробна промисловість. 2005. №7. С. 17 - 18.

6. Фаерштейн А., Царюк В. Просто о виноделии // Сад, виноград і вино України. 2001. №1-2. С. 32-34.

7. Quiros, M., Martinez-Moreno, R., Albiol, J., Morales, P., Vazquez-Lima, F., Barreiro-Vazquez, A., Ferrer, P., Conzalez, R. (2013). Metabolic Flux Analysis during the Exponential Growth Phase *Saccharomyces cerevisiae* in Wine Fermentations. PLoS ONE, 8. 1–14.

8. Seo, SH, Yoo SA, Park SE, Son HS. (2014). Effectiveness of Yeast Nutrients on Stuck Fermentation of Blueberry Wine. Korean Journal of Food Science and Technology, 46(2). 143-147. DOI:10.9721/KJFST.2014.46.2.143.

ВПЛИВ БИТОГО ЗЕРНА В ПШЕНИЦІ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЛУЩЕННЯ

Харченко Є.І., кандидат технічних наук, доцент

Шаран А.В., кандидат технічних наук, доцент

Косюк О.Ю., магістрант

Національний університет харчових технологій

Процес лущення зерна пшениці є однією із важливих наукових проблем зернопереробної галузі. Процес лущення є складним і багатофакторним. Раніше було досліджено вплив процес лущення на утворення битих зерен під час обробки в робочій зоні лушцильної машини [1].

Як відомо, то зерно пшениці може надходити в процес переробки зі певним вмістом зернової домішки, в тому числі і битих зерен основної культури (тобто пшениці). Вказане питання раніше іншими дослідниками не досліджувалося.

Метою даного дослідження було встановлення впливу вмісту битих зерен в основній культурі на ефективність лущення зерна пшениці.

В якості критерія ефективності лущення пшениці був обраний індекс лущення, який визначався за відомою залежністю [2].

Підготовку зерна здійснювали наступним способом. Перед проведенням досліджень зерно пшениці очищалося в лабораторному зерноочисному сепараторі. В зерноочисному сепараторі ЗЛС використовувалися решітні полотна 3,0×20 мм, 2,4×20 мм та 1,8×20 мм. Проходом решітного полотна 3,0×20 мм та сходом решітного полотна 2,4×20 мм виділяли середню фракцію, яку в подальшому використовували для проведення досліджень. Прохід решітного полотна 1,8×20 мм направлявся у відходи. Після очищення зерна в зерноочисному

сепараторі, воно очищалося в лабораторному аспіраційному каналі від легких домішок.

Вологість, скловидність, натуру зерна, масу 1000 зерен визначали за загально прийнятими методиками. Показники якості зерна пшениці після очищення були наступними: натура зерна $762,9 \pm 1,4$ г/л; вологість зерна $13,6 \pm 0,047$ %; скловидність зерна $29,6 \pm 2,26$ %; маса 1000 зерен $44,72 \pm 0,4$ г.

Перед проведенням досліджень зерно пшениці розділялося на повністю цілі зерна та биті зерна і в подальшому створювалися суміші із наступними концентраціями битих зерен: від 0 до 15 % із кроком 3,0 %. Вміст битих зерен взятий в достатньо широкому діапазоні, які практично не зустрічається в практичній діяльності борошномельних та круп'яних заводів. Це було зроблено із метою більш надійної побудови залежності між вмістом битих зерен пшениці та індексом луцення.

Параметри роботи луцильника залишались незмінними під час проведення досліджень, а саме початкова маса суміші цілих та битих зерен приймався 100 г. Тривалість луцення становила 20 с. Швидкість обертання абразивного колеса луцильника становила 25 с^{-1} .

Луцення зерна пшениці здійснювалося за наступною методикою: луцення зерна пшениці здійснювали на лабораторному луцильнику УЛЗ-1 («Оліс» м.Одеса) із зернистістю абразивних дисків 40 од.

Після луцильника УЛЗ-1, ядро із мучкою пропускали через лабораторний аспіраційний канал із шириною каналу 60 мм з метою виділення мучки від ядра. Аспіраційний канал був налаштований так, щоб у відході цілі зерна не виділялися. Після очищення ядра від мучки, ядро зважували і розраховували індекс луцення. Схему досліджень наведено на рисунку 1.

Дослідженнями встановлено, що вміст битих зерен в цілому зерні значно вплинуло на індекс луцення, тобто на ефективність луцення. Результати досліджень наведено на рис. 2.

Як видно із даних рис. 2 індекс луцення лінійно збільшується зі збільшенням вмісту битих зерен.

Ймовірно, що збільшення індексу луцення зі збільшенням вмісту битих зерен в цілому зерні пов'язано із тим, що пошкоджені або надламані зерна пшениці легше руйнуються при дії абразивних кругів луцильної машини. Пошкоджені зерна володіють зниженим опором руйнуючим силам зі сторони абразивних кругів, крім того ймовірно, що у битих зернах присутні мікротріщини, які знижують міцність зерен.

Крім того, звільнені від оболонок поверхні ендосперму потребують менших витрат енергії на їх руйнування і як наслідок це призводить до збільшення індексу луцення за рахунок зрізання менш міцних поверхонь ендосперму. Гострим абразивним кромкам на поверхні абразивних кругів легше дістатися до менш міцного крохмального ендосперму пшениці.

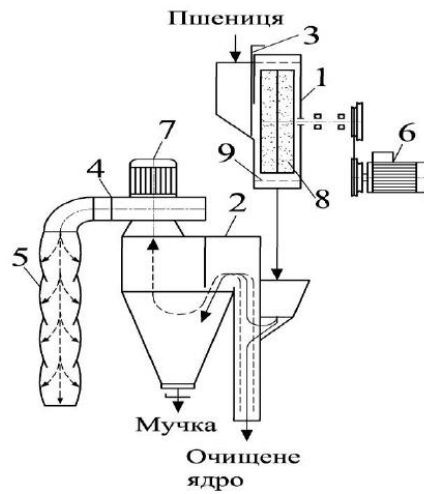


Рисунок 1. Схема лущення пшениці: 1 – робоча камера лущильника УЛЗ-1; 2 – аспіраційний канал; 3 – засувка; 4 – вентилятор; 5 – фільтрувальний рукав; 6 – електродвигун лущильника; 7 – електродвигун вентилятора; 8 – абразивні диски; 9 – решітне полотно з отворами $\text{Ø}2,3$ мм.

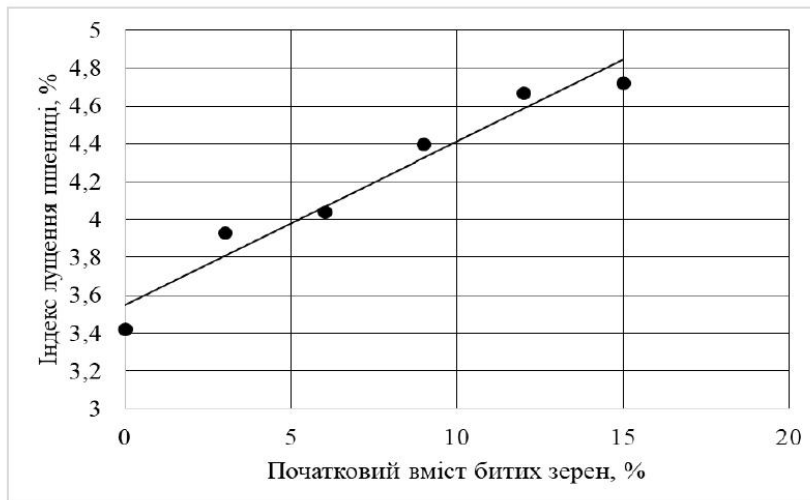


Рисунок 2. Вплив вмісту битих зерен у зерні пшениці на ефективність його лущення.

Швидке руйнування битих зерен під час лущення в порівнянні із цілими зернами, які володіють більшим опором руйнуванню, може призводити до внесення похибок у дійсне значення індексу лущення. Логічним є введення

поправочного коефіцієнту, який би враховував вміст битих зерен у зерні пшениці, яке направляється на лущення.

Із проведеного дослідження можна зробити наступний важливий для практики висновок: вміст битих зерен у початковому зерні пшениці, яке направляється на лущення суттєво впливає на індекс лущення зерна пшениці. Вміст битих зерен в очищеному зерні необхідно враховувати під час визначення індексу лущення. Дана робота показала необхідність врахування кількості битих зерен в очищеному зерні пшениці, тому наступним кроком необхідно розробити методика врахування кількості битих зерен на дійсне значення індексу лущення через поправочні коефіцієнти.

Список використаних джерел

1. Ботя В.В. Утворення битих зерен в процесі лущення зерна пшениці / В.В. Ботя, Є.І. Харченко // Матеріали 88 Міжнар. наук. конф. молодих учених, асп. і студ. «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», квітень-травень 2022 р. – Ч.1. – К.: НУХТ, 2022. – С.113.

2. Kharchenko Y., Buculei A., Chomyi V., Sharan A. (2022). Influence of technical and technological parameters on the barley dehulling process. *Ukrainian Food Journal*, 11(4). – pp. 542-557.

ЕКСПОРТНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЦУКРОВОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ ТА ШЛЯХИ ЙОГО ЗБІЛЬШЕННЯ

Хомічак Л.М., доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НААН України,

Чернявська Л.І., доктор технічних наук, професор,
Інститут продовольчих ресурсів НААН України

Цукор належить до споживчих товарів першої потреби. У продовольчому харчовому балансі більшості країн він займає не менше ніж 10%. Близько половини енергії, яку витрачає людина, поповнюється за рахунок вуглеводів, 1/5 з яких – це цукор. Маючи відмінні смакові якості, він є одним із найважливіших продуктів харчування. Цукор покращує смак багатьох продуктів та страв. Він легко і повністю засвоюється організмом людини, і як джерело енергії має перевагу, незначну потребу енергії на засвоєння, добре відновлює витрачену організмом енергію, тому є незамінним харчовим продуктом, особливо для людей, що займаються розумовою і фізичною працею. В останні роки в багатьох країнах виникли дискусії про те, як і наскільки цукор впливає на здоров'я людей, робляться різні припущення, насамперед про те, що цукор впливає на збільшення маси, виникнення захворювань серця, підвищення кров'яного тиску тощо. Найбільша організація з охорони здоров'я США ФДА на підставі різних

Ministry of Education and Science of Ukraine

National University of Food Technologies

91th
International scientific conference
of young scientist and students

"Youth scientific achievements
to the 21st century nutrition
problem solution"

April, 7–11 2025

Part 1

Kyiv, NUFT, 2025

Зміст

1. Technology of functional ingredients and new food.....	7
2. Foodstuff expertise	36
3. Technology of bread, pastry, pasta and food concentrates	81
4. Grain processing technology	111
5. Technology of sugars, polysaccharides and water treatment.....	129
6. Technology of fermentation and wine.....	148
7. Technology of preservation	178
8. Technology of meat and meat products.....	197
9. Technology of milk and dairy products.....	247
10. Technology of fats and perfumery-cosmetic products	266
11. Ecology and sustainable development	279
12. Biotechnologies and bioengineering.....	302

Content

1. Технологія функціональних інгредієнтів та нових харчових продуктів.....	7
2. Експертизи харчових продуктів.....	36
3. Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів.....	81
4. Технологія переробки зерна.....	111
5. Технології цукру, полісахаридів і підготовки води.....	129
6. Технологія продуктів бродіння і виноробства.....	148
7. Технологія консервування.....	178
8. Технологія м'яса і м'ясних продуктів.....	197
9. Технологія молока і молочних продуктів	247
10. Технологія жирів та парфумерно-косметичних виробів.....	266
11. Екологія і сталий розвиток	279
12. Біотехнології та біоінженерія.....	302

12. Вплив періодичності на індекс лушення пшениці

Ольга Косюк, Євген Харченко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Вступ. Процес лушення є безперервним процесом. Для дослідження і вивчення процесу лушення необхідно переривати його із певною періодичністю для отримання експериментальних результатів. Перериваючи процес необхідно впевнитися, що це переривання процесу не впливає на коректність отримуваних результатів. Метою даної роботи було встановлення ефективності лушення при різних способах лушення пшениці.

Матеріали і методи. Лушення пшениці здійснювали в лабораторному лушильнику УЛЗ-1 при швидкості обертання абразивних кругів 25 c^{-1} . Реалізовано три варіанти лушення при незмінній вологості зерна і обертах абразивних кругів. 1-й варіант передбачав безперервне лушення протягом 100 с масою 100 г. 2-й варіант передбачав лушення кожного нового зразка масою 100 г від 20 с до 100 с із кроком 20 с. 3-й варіант передбачав лушення одного зразка із початковою масою 100 г від 20 до 100 с із кроком 20 с. Кожен із пролушених зразків пропускали через аспіраційний канал з метою відокремлення оболонки та мучки від ядра. Таким чином реалізовано три різних варіанти лушення зерна пшениці. За критерій лушення прийнято індекс лушення [1].

Результати. Дослідженнями встановлено, при безперервному лушенні зразка масою 100 г протягом 100 с, індекс лушення становив 19,2 % (варіант 1). Дослідження способів лушення пшениці із перериванням процесу лушення встановили, що отримані результати мають близькі для обох способів. Аналіз двох вибірок (варіант 2 та 3) за критерієм Фішера показав, що розрахункове значення критерія Фішера менше ніж розрахункове ($F_p = 0,86 < F_T = 6,4$). На основі цього аналізу встановлено, що відмінностей в дисперсіях двох вибірок не виявлено, а отже вибірки є однаковими.

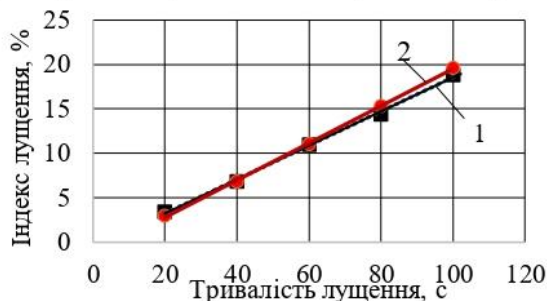


Рисунок 1. Порівняння способів лушення: 1 – варіант 2; 2 – варіант 3.

Висновки. На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що суттєвої відмінності між досліджуваними способами лушення відмінностей немає, а відтак можна вважати що між безперервним лушенням та періодичним лушенням відмінності немає.

Література

1. 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.

Ministry of Education and Science of Ukraine

National University of Food Technologies

**91th
International scientific conference
of young scientist and students**

**"Youth scientific achievements
to the 21st century nutrition
problem solution"**

April, 7–11 2025

Part 1

Kyiv, NUFT, 2025

Зміст

1. Technology of functional ingredients and new food.....	7
2. Foodstuff expertise	36
3. Technology of bread, pastry, pasta and food concentrates	81
4. Grain processing technology	111
5. Technology of sugars, polysaccharides and water treatment.....	129
6. Technology of fermentation and wine.....	148
7. Technology of preservation	178
8. Technology of meat and meat products.....	197
9. Technology of milk and dairy products.....	247
10. Technology of fats and perfumery-cosmetic products	266
11. Ecology and sustainable development	279
12. Biotechnologies and bioengineering.....	302

Content

1. Технологія функціональних інгредієнтів та нових харчових продуктів.....	7
2. Експертизи харчових продуктів.....	36
3. Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів.....	81
4. Технологія переробки зерна.....	111
5. Технології цукру, полісахаридів і підготовки води.....	129
6. Технологія продуктів бродіння і виноробства.....	148
7. Технологія консервування.....	178
8. Технологія м'яса і м'ясних продуктів.....	197
9. Технологія молока і молочних продуктів	247
10. Технологія жирів та парфумерно-косметичних виробів.....	266
11. Екологія і сталий розвиток	279
12. Біотехнології та біоінженерія.....	302

8. Ефективність лушення пшениці при різному вмісті битих зерен

Ольга Косюк, Євген Харченко

Національний університет харчових технологій, м.Київ, Україна

Вступ. Технологія лушення зернових культур є складним і багатофакторним процесом. Це ускладнює його математичне описання. Ранні дослідження стосувалися впливу процесу лушення на вихід битих зерен, але відсутні дослідження впливу наявних битих зерні, які піддається луценню. Зерно пшениці надходить на переробку із деяким вмістом битих зерен. Метою даного дослідження було встановлення впливу вмісту битих зерен у початковому зерні на ефективність лушення зерна пшениці.

Матеріали і методи. В якості критерія ефективності лушення пшениці був обраний індекс лушення, який визначався за відомою залежністю [1]. Перед проведенням досліджень зерно пшениці розділялося на цілі та биті зерна. Створювалися суміші зразків із вмістом битих зерен від 0 до 15 % з кроком 3,0 %. Вміст битих зерен взятий в достатньо широкому діапазоні із метою більш надійної побудови залежності між вмістом битих зерен пшениці та індексом лушення. Параметри роботи лушчильника залишалися незмінними під час проведення досліджень: початкова маса суміші цілих та битих зерен приймалася 100 г; тривалість лушення - 20 с. Швидкість обертання абразивного колеса лушчильника - 25 с⁻¹.

Результати. Встановлено, що вміст битих зерен в цілому зерні значно вплинув на індекс лушення. Із рис. 2 можна бачити, що індекс лушення лінійно збільшується зі збільшенням вмісту битих зерен в початковому зерні. Ймовірно, що збільшення індексу лушення зі збільшенням вмісту битих зерен в цілому зерні пов'язано із тим, що пошкоджені або надламані зерна пшениці легше руйнуються при дії абразивних кругів лушчильної машини.

Швидке руйнування битого зерна в процесі лушення в порівнянні із цілими зернами, може вносити похибки у дійсне значення індексу лушення.

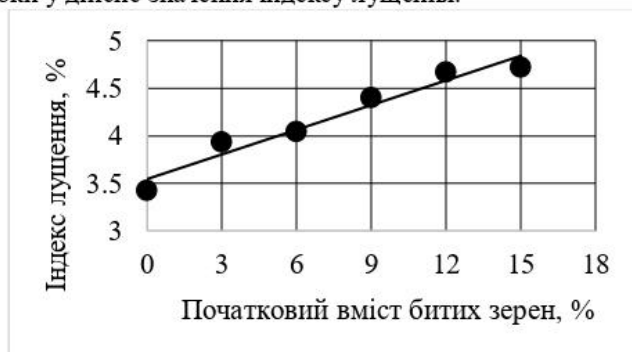


Рисунок 2. Вплив битих зерен на ефективність його лушення пшениці.

Висновки. Із проведеного дослідження можна зробити наступний важливий практичний висновок: вміст битих зерен у початковому зерні пшениці, яке направляється на лушення суттєво впливає на індекс лушення зерна пшениці. Вміст битих зерен в очищеному зерні необхідно враховувати під час визначення індексу лушення.

Література.

1.Kharchenko Y.,Buculei A., Chorni V., Sharan A. (2022). Influence of technical and technological parameters on the barley dehulling process. *Ukrainian Food Journal*, 11(4). – pp.542-557.