

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Магістр»
на тему:

**Обґрунтування способів інтенсифікації
підготовки зерна пшениці до переробки в
борошно**

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу,
групи МГХТз-1-22
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ **Артем ЯНЧЕНКО**

Керівник: _____ **Олег ТЕРТИШНИЙ**

Рецензент: _____

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«26» грудня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Янченку Артему Юрійовичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування способів інтенсифікації підготовки зерна пшениці до переробки в борошно».
Керівник роботи: Тертишний Олег Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» грудня 2023 року № 4085.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 12 лютого 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: 1 Літературні джерела та періодичні видання. 2 Наукові джерела та останні дослідження в галузі борошномельного виробництва, а саме процесів підготовки зерна до переробки в борошно. 3 Нормативно-технологічна документація. 4 Патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд. 2 Дослідна частина. 3 Результати експериментальних досліджень та їх аналіз. 4 Виробничі випробовування сортового хлібопекарського помелу пшениці з попереднім луценням. 5 Охорона праці та захист навколишнього середовища. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Аналітичний огляд. 2 Матє та задачі дослідження. 3 Дослідна частина.
4 Результати експериментальних досліджень та їх аналіз. 5 Виробничі випробовування сортового хлібопекарського помелу пшениці з попереднім лушенням. 6 Кошторис витрат на проведення досліджень. 7 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	доцент ТЕРТИШНИЙ Олег	26.12.2023	12.02.2024
5	доцент ТЕРТИШНИЙ Олег	26.12.2023	12.02.2024
6	доцент ТЕРТИШНИЙ Олег	26.12.2023	12.02.2024

7. Дата видачі завдання 26 грудня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	27.12-31.12.23	виконано
2	Аналітичний огляд	01.01-08.01.24	виконано
3	Дослідна частина	09.01-15.01.24	виконано
4	Результати експериментальних досліджень та їх аналіз	16.01-22.01.24	виконано
5	Виробничі випробовування сортового хлібопекарського помелу пшениці з попереднім лушенням	23.01-29.01.24	виконано
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	30.01-01.02.24	виконано
7	Організаційно-економічна частина	02.02-06.02.24	виконано
8	Загальні висновки та бібліографія	07.02-08.02.24	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	09.12.2024	виконано

Здобувач вищої освіти _____ **Артем ЯНЧЕНКО**
(підпис)

Керівник роботи _____ **Олег ТЕРТИШНИЙ**
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи містить: 73 сторінки друкованого тексту, 24 рисунки, 18 таблиць та використано 54 літературних джерел посилань.

Метою роботи є розробка технологічного розв'язку для млинів малої продуктивності на основі інтенсифікація підготовки зерна до помелу.

Об'єкт дослідження – технологічні аспекти підготовки зерна пшениці до переробки в борошно.

Предмет дослідження – закономірності, що визначають вплив технологічних параметрів обробки зерна пшениці на якісні показники борошна.

Сортовий помел зерна здійснюється за складною технологією. Тільки за умови виконання всіх технологічних операцій і при підготовці зерна до помелу, і при проведенні самого помелу можна досягти високих результатів. Однак в Україні налічується тисячі млинів малої продуктивності із примітивною технологією переробки зерна, які виробляють до 5 мільйонів тон борошна в рік. Основний недолік даних млинів нестабільна якість і невисокий загальний вихід борошна, при відсутності необхідного контролю якості зерна, що переробляється, борошна й крупи. Через це щорічно губиться тисячі тон зерна, тому вдосконалення технології борошна для млинів малої продуктивності, збільшення виходу й поліпшення якості вироблюваного борошна й крупи є своєчасним завданням [33].

Ефективне очищення було й залишається головним завданням при переробці зерна, особливо гостро ця проблема стосується млинів малої продуктивності. Вважається, що загальна ефективність виробництва борошна більш ніж на 50 % визначається правильністю організації й ведення технологічних операцій підготовки зерна.

Ключові слова: БОРОШНО, ЗЕРНО, ЛУЩЕННЯ, ЗВОЛОЖЕННЯ, ВІДВОЛОЖЕННЯ, СЕПАРУВАННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ГІДРОТЕРМІЧНА ОБРОБКА.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	10
1.1 Особливості анатомії зерна	10
1.2 Властивості пшениці	13
1.3 Підготовка зерна до помелу	14
1.3.1 Нові технології очищення зерна	14
1.3.2 Способи очищення поверхні зерна перед помелом	15
1.3.3 Лущення зерна пшениці як метод підготовки до помелу	16
1.3.4 Лущення зерна жита як метод підготовки до помелу	21
1.3.5 Гідротермічна обробка зерна	22
1.4 Еволюційний розвиток процесу підготовки зерна до помелу	23
1.4.1 Вимоги до якості зерна й борошна	25
1.4.2 Зерноочисне відділення	25
1.4.3 Формування потоку	25
1.4.4 Очищення від домішок	26
1.4.5 Відбір мінеральної домішки	26
1.4.6 Очищення поверхні	26
1.4.7 Гідротермічна обробка	27
Висновки до розділу	27
2 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	28
2.1 Об'єкти і методи дослідження	28
2.1.1 Оцінка якості зерна і продуктів його переробки	28
2.1.2 Лущення зерна	29
2.1.3 Кінетика водопоглинання зерна	29
2.1.4 Помел зерна	30
2.1.5 Дисперсність борошна	32
2.1.6 Реологічні методи дослідження	32
Висновки до розділу	32

3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ	33
3.1 Дослідження процесу лущення зерна	33
3.2 Вплив лущення зерна на його фізико-хімічні показники	35
3.3 Вплив лущення зерна на кінетику зволоження зерна	40
3.4 Вплив лущення на вихід і білизну борошна	41
3.5 Порівняльний помел на автоматичному млині МЛҮ-202 з попереднім лущенням	42
3.6 Порівняльний помел на лабораторному млині «Nagema» з попереднім лущенням	44
3.7 Розробка технології підготовки й розмелу пшениці з попереднім лущенням	47
3.8 Вплив лущення на газотвірну здатність борошна	50
Висновки до розділу	51
4 ВИРОБНИЧІ ВИПРОБУВАННЯ СОРТОВОГО ХЛІБОПЕКАРСЬКОГО ПОМЕЛУ ПШЕНИЦІ З ПОПЕРЕДНІМ ЛУЩЕННЯМ	53
Висновки до розділу	55
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	56
5.1 Розробка карти безпеки праці	56
5.2 Утилізація відходів виробництва борошно	57
Висновки до розділу	58
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	59
6.1 Організація проведення дослідження	59
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	61
6.3 Розрахунок вартості дослідження	64
Висновки до розділу	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	66
БІБЛІОГРАФІЯ	68

ВСТУП

Технологія борошна нараховує багаторічну історію, у зв'язку з постійною потребою людства в хлібові, як в одному з незмінному продукті харчування. Сучасна технологія сортового помелу пшениці заснована на розроблені в другій половині XIX столітті принципах організації процесу. Технологічні схеми підготовки й помелу поділяються на ряд взаємозалежних етапів і являють собою складні відкриті системи.

Щоб забезпечити високу ефективність помелу, із зерном проводять складну підготовчу роботу. Зерноочисне відділення містить у собі наступні процеси:

- процес сепарування, проводять із метою видалення із зерна різних сторонніх домішок;
- процес очищення поверхні зерна, призначений для видалення забруднення поверхні зерна;
- гідротермічна обробка (ГТО) зерна, призначена для спрямованого зміни вихідних структурно–механічних, фізико–хімічних і технологічних властивостей зерна;
- процес формування помольної суміші проводять із метою стабілізації властивостей зерна на заданому рівні.
- У класичному варіанті помелу виділені в якості самостійних наступні етапи:
 - драний процес, завдання якого полягає в інтенсивному витягу ендосперму зерна у вигляді крупочних продуктів;
 - сортувальний процес, у якому здійснюється чіткий поділ продуктів здрібнювання на окремі потоки – фракції по крупності;
 - ситовійний процес, призначений для підвищення добротності драних крупочних продуктів;
 - шліфувальний процес, для додаткової обробки великих фракції крупок;
 - розмельний процес, у якому інтенсивно подрібнюються в борошно підготовлені крупочні продукти, після обробки їх у ситовійних машинах.

Ці принципи організації сортового помелу пшениці залишаються незмінними й у цей час. Але за минулі 100 – 150 років суттєво підвищилася ефективність технологічного устаткування у зв'язку з розробкою нових конструкції машин і апаратів, і багато нового внесене в операцію підготовки зерна до здрібнювання – особлива роль тут належить гідротермічній обробці («кондиціонування») зерна.

Як ми вже відзначали, сортовий помел зерна здійснюється за складною технологією. Тільки за умови виконання всіх технологічних операцій і при підготовці зерна до помелу, і при проведенні самого помелу можна досягти високих результатів. Однак в Україні налічується тисячі млинів малої продуктивності із примітивною технологією переробки зерна, які виробляють до 5 мільйонів тон борошна в рік. Основний недолік даних млинів нестабільна якість і невисокий загальний вихід борошна, при відсутності необхідного контролю якості зерна, що переробляється, борошна й крупи. Через це щорічно губиться тисячі тон зерна, тому вдосконалення технології борошна для млинів малої продуктивності, збільшення виходу й поліпшення якості вироблюваного борошна й крупи є своєчасним завданням [23].

Ефективне очищення було й залишається головним завданням при переробці зерна, особливо гостро ця проблема стосується млинів малої продуктивності. Вважається, що загальна ефективність виробництва борошна більш ніж на 50 % визначається правильністю організації й ведення технологічних операцій підготовки зерна. Підприємства, що випускають малогабаритне технологічне устаткування для переробки зерна не передбачають розгалуженої схеми зерноочисного блоку, у технічних умовах експлуатації, виробники обмовляють вимоги до якості вихідного зерна: воно повинне бути базисних кондицій, що далеко не кожний переробник може організувати в себе на місці.

Ми пропонуємо своїми пропозиціями підвищити ефективність уже існуючих малих підприємств по переробці зерна. Робота з підвищення якості й виходу борошна високих сортів повинна вестися по декільком напрямкам:

- лущення зерна на 4 – 5 %, що повинне сприяти до підвищення витягу добротних продуктів високої якості на системах драного процесу й наступному

ефективному їхньому здрібнюванню в розмеленому процесі, а також збільшенню виходу борошна;

- крім того, вимагає дозволу проблема раціонального використання зерна різної технологічної характеристики: сильної й цінної пшениці, ресурси якої обмежені, з одного боку, і зерна малоцінного – нижчих класів, з невисоким вмістом клейковини, з іншої сторони.

Отже, завдання інтенсифікації підготовки зерна для млинів малої продуктивності й науковий пошук по цих двом проблемам являє собою актуальне завдання. Саме в такому напрямку й була сформульована мета дослідження й розроблений план її виконання.

Метою роботи є розробка технологічного розв'язку для млинів малої продуктивності на основі інтенсифікація підготовки зерна до помелу.

Для реалізації поставленої мети запланували наступні завдання:

- зробити аналіз факторів, що обумовлюють низьку ефективність помелу на млинах малої продуктивності;
- досліджувати вплив луцення зерна на його борошномельні й хлібопекарські властивості;
- вивчити можливість ефективного використання малоцінного зерна при формуванні помольної суміші;
- визначити параметри гідротермічної обробки (ГТО) зерна для луцення;
- розробити технологічну схему підготовки й розмелу зерна з попереднім луценням і провести виробничу перевірку;
- виконати розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – технологічні аспекти підготовки зерна пшениці до переробки в борошно.

Предмет дослідження – закономірності, що визначають вплив технологічних параметрів обробки зерна пшениці на якісні показники борошна.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Особливості анатомії зерна

Зерно пшениці й інших хлібних культур відрізняється складною будовою, що обумовило особливості організації й ведення технології сортового помелу. Відомо багато робіт, автори яких виконали складний аналіз співвідношення мас анатомічних частин зерна, його структури й тонких особливостей будови покривних тканин, зародка й ендосперму [12]. На рисунку 1.1 наведені поздовжній і поперечний розрізи пшеничного зерна, з докладним розшифруванням окремих анатомічних частин.

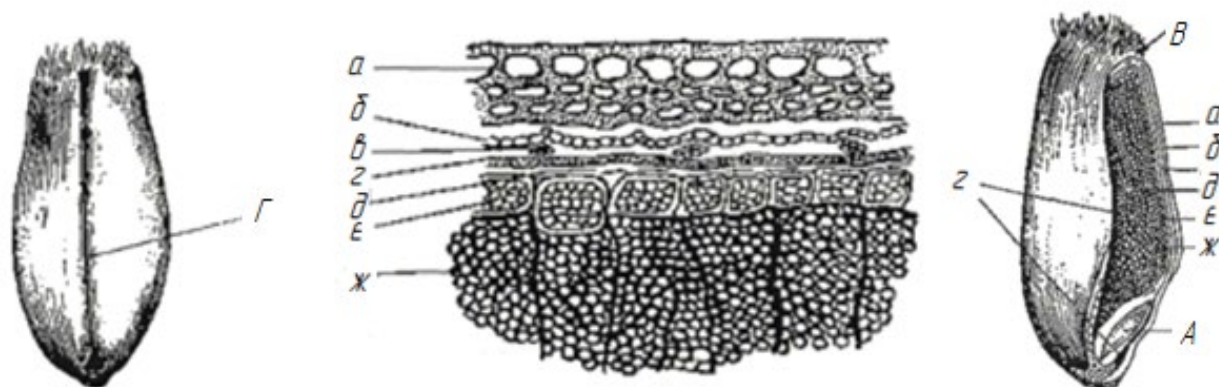


Рисунок 1.1 – Вигляд зернівки

ліворуч – вид з боку борозенки; праворуч – поздовжній розріз;

А – зародок; В – борідка; Г – борозенка; а – поздовжній шар; б – поперечний шар;

в – трубчастий шар; г – прозорий шар; г – пігментний шар; д – гіаліновий шар;

е – алейроновий шар; ж – борошніста частину ендосперму.

Відомості про анатомічну будову й хімічному складі анатомічних частин зерна пшениці має велике значення для науково обґрунтованого застосування нових технологічних приймань підготовки зерна до помелу, а також для побудови й удосконалювання технологічного процесу в цілому.

Результат переробки зерна багато в чому визначається відносним вмістом його анатомічних частин: вихід борошна, крупи й побічних продуктів теоретично

повинен відповідати їхньому співвідношенню. Зерно пшениці складається із зародка, ендосперму й оболонки (рис. 1.1), вагове співвідношення яких презентовано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Співвідношення анатомічних частин зерна пшениці, % на суху речовину

Оболонки	Алейроновий шар	Крохмалистий ендосперм	Зародок із щитком
5,6 – 8,9	6,3 – 8,9	77,0 – 85,0	1,4 – 3,8

Завдання сортового помелу полягає в можливо більш повному поділі на окремі продукти частин зовнішніх покривів, зародка й ендосперму. У поперечному перерізі зернівки чітко видне особливе поглиблення, яке проходить уздовж усієї його довгої осі. Тут оболонки загортаються усередину й формують борозенку, яка має різну конфігурацію в різних сортів і типів пшениці.

На рисунку 1.2 показані основні варіанти конфігурації борозенки пшениці червонозернової ярової (I тип), червонозернової озимої (IV тип) і ярової Дурум (II тип), а на рисунку 1.3 показані, що суттєво різняться за своєю формою будові борозенки.

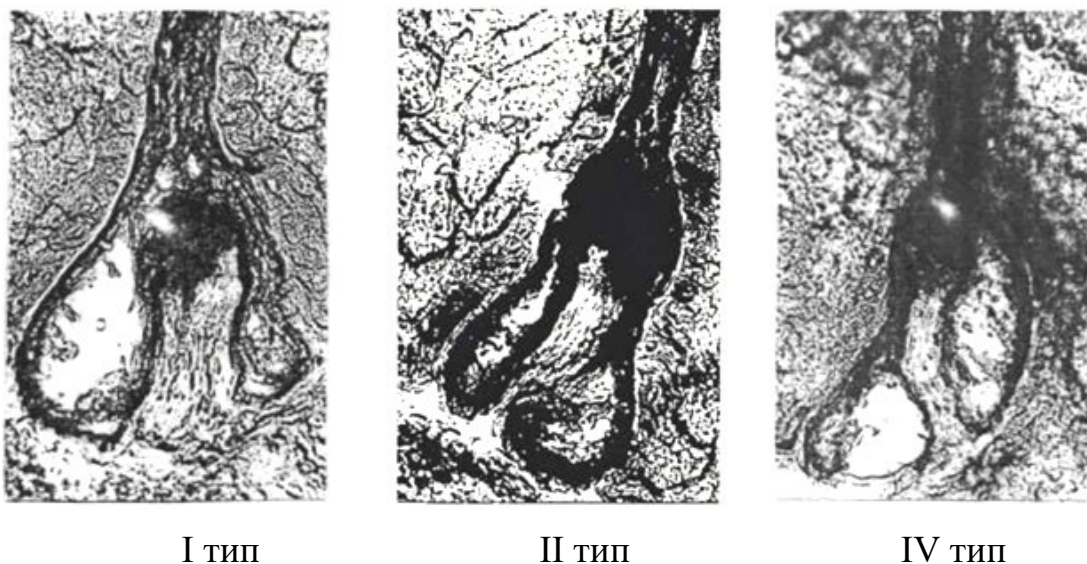


Рисунок 1.2 – Найбільш характерна конфігурація петлі борозенка зерна високоскловидної пшениці I, II, і IV типу [6]

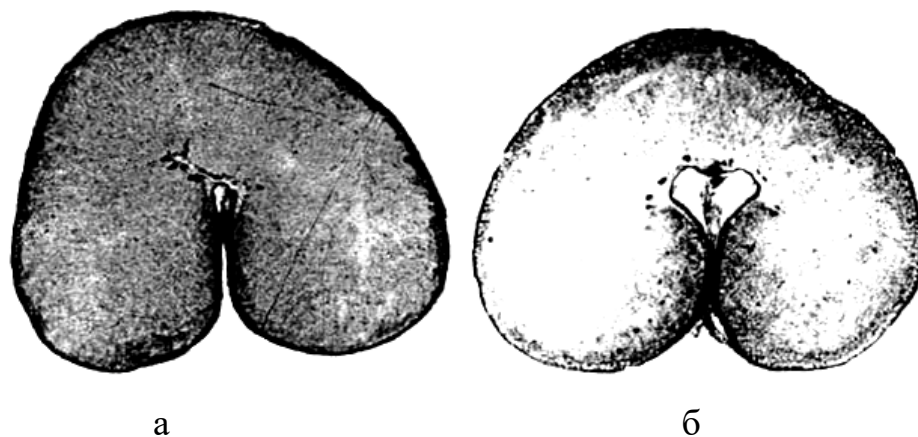


Рисунок 1.3 – Щілинна (а) і розвинена (б) борозенки зерна пшениці

Наявність цього утворення серйозно ускладнює процес поділу анатомічних частин при розмелі, і особливо ускладнює можливість проведення попереднього оголення (луцення) зерна. Якби була знайдена можливість повного видалення зовнішніх покривів до його здрібнювання, то це надало б технологів можливість надзвичайно спростити технологію. Однак наявність борозенки, а також той факт, що в її глибині розташовані так звані тяжи: пігментний і гіаліновий, утворені з відповідних зовнішніх шарів, не дозволяють повністю звільнити його від оболонки і направити на здрібнювання практично чистий ендосперм. Тому багаторічні пошуки вчених і фахівців-виробників не призвели до остаточного вирішення цього важливого технологічного завдання попереднього луцення зерна перед помелом.

В останні 10 років з'явилися повідомлення ряду борошномельних фірм про введення такого процесу, завдяки розробці особливих конструкцій луцильних машин, спеціально призначених для борошномельної технології. Але в цих відомостях є досить протиріч, інформація є неповною, а в ряді випадків є і не дуже достовірною.

У вітчизняній практиці також відомо кілька робіт, присвячених цьому питанню [1]. Однак і в цих роботах не отриманий радикальний розв'язок завдання, але лише часткове наближення: наприклад, в [1] було запропоновано видаляти всього 0,8 – 1,0 % оболонки від маси зерна, у той час як на їхню частку доводиться 5 – 7 %.

1.2 Властивості пшениці

Пшениця є однією із самих прадавніх і разом із цим найважливішою зерновою культурою. Її цінність полягає в тому, що містить групу білків здатних утворювати клейковину, що має значення для випікання хліба й хлібобулочних виробів, виготовлення макаронів, виробництва манної крупи й інших продуктів [5, 6]. У зв'язку із цим саме кількість і якість клейковини є найважливішими показниками, по яких оцінюється товарний клас зерна пшениці. Крім того, в основу класифікації зерна покладені такі ознаки й показники як: ботанічний вид (тверда або м'яка), біологічна форма (озима або ярова), скловидність, колір зернівки, стан, запах, натура, вміст важковідокремлюваної, бур'янистої й зернової домішок, кількість пророслих зерен пшениці й зерен інших культур та інші. Усі вони виявляють істотний і безпосередній вплив, як на якість готової продукції, так і на ефективність ведення технологічних процесів. Так, хлібопекарські властивості пшеничного борошна визначаються не тільки кількістю і якістю клейковини, яка впливає на газоутримуючу здатність борошна й характеризує стан білково-протеїнажного комплексу рослини, що залежать від особливостей сорту, умов його проростання й режимів технологічного впливу на зернову сировину, але й від стану вуглеводно-амілазного комплексу зерна, що переробляється. Крім того, на хлібопекарські властивості борошна впливає ступінь механічного пошкодження крохмальних гранул при помелі, яка визначається як властивостями вихідної сировини, так і режимами його підготовки й переробки [29].

Більшість же інших показників характеризують не хлібопекарські, а технологічні властивості зерна пшениці, тобто його здатність, при встановлених режимах переробки, давати продукцію необхідного якості, а також визначають стабільність роботи основного устаткування й ведення технологічного процесу [10].

1.3 Підготовка зерна до помелу

На підприємствах з переробки зерна в борошно етапи по очищенню зерна пшениці включають очищення від легких, великих і дрібних домішок, домішок відмінних від зерна по довжині, мінеральні і металомагнітні домішки.

Гранично допустимий залишковий вміст бур'янистої домішки перед першою драною системою повинне становити не більш 0,4 %, у тому числі шкідливої домішки – не більш 0,05 %, куколю – не більш 0,1 %; фузаріозних зерен – не більш 0,3 %; вміст мінеральної домішки не допускається.

Застосування подібної, багатоетапної технології очищення зерна, дозволяє знизити вміст у ньому не тільки різних домішок, але й вилучити з його поверхні значну частину мікрофлори. Так, за даними [18], очищення зерна поліпшує його мікробіологічне стан, знижуючи на 40 % загальну кількість мікроорганізмів на поверхні зерна, [1, 8].

1.3.1 Нові технології очищення зерна

Для одержання борошна стандартної якості зерно перед помелом піддають очищенню. Очищення зерна від бур'янистої домішки роблять у сепараторах, тріерах, аспіраторах; видалення мінеральної домішки в каменевідбірниках, однак не секрет, що бездоганна якість продукції й висока продуктивність неможливі без сучасних технологій і передового устаткування, таким є фотосепарація (color sorting). Фотосепарація це якісно новий крок у переробці зерна. Побудований на вибірці фракції потрібних кольорів (аналізі зерен по кольору) і забезпечує високоефективне визначення точкових або кольорових відхилень від норми [20].

Принцип фотоелектронного сепарування був розроблений англійцями ще в середині минулого століття. Пізніше до цього напрямку приєдналися Японія, Італія, Бразилія, Німеччина, Китай і інші країни. На даний момент ця технологія користується великою популярністю, як у Європі, так і в Японії й Америці. За деякими даними, підприємства більш 50 країн використовують фотосепаратори

[20]. Фотосепаратор являє собою унікальне високопродуктивне устаткування, призначене для видалення з різноманітних продуктів будь-яких домішок, що відрізняються по кольору. Виняткові можливості сортування роблять фотосепаратори ідеальними для первинного або повторного сортування. Фотосепаратори дозволяють розпізнавати дрібні дефекти які майже не відрізняються від основного зерна іншими ознаками, крім кольору, з хірургічною точністю [20].

Також до переваг фотосепарації в порівнянні зі звичайними методами сепарації відносять:

- мінімальні втрати й ушкодження продукту;
- швидкий перехід з одного продукту на іншій;
- низьке споживання електроенергії й повітря;
- простота керування.

Принцип роботи фотосепаратора заснований на відборі із системою двостороннього огляду зернівки. Вихідний продукт подається в розподільні канали, по них із прискоренням він падає в зону обстеження, освітлену флуоресцентними лампами, де проходить між сенсором і фоновим екраном.

Оптоелектронний сенсор одержує відбите світло від матеріалу відбору й генерує електричний сигнал для комп'ютерної системи керування.

Комп'ютерна система контролю, порівнюючи отриманий сигнал з рівнем чутливості, у випадку його перевищення, дає команду на відкриття пневмоклапана (ежектора), частки, що відрізняються по кольору від основного зерна видуваються у вихідний патрубок для відходів [20].

1.3.2 Способи очищення поверхні зерна перед помелом

Очищення поверхні зерна на борошномельних заводах нашої країни в цей час здійснюється сухим способом, із застосуванням оббивальних машин або вологим способом, при якому для обробки зерна використовуються мийні машини. Останній спосіб представляється більш ефективним, тому що дозволяє вилучити більше домішок, у тому числі й тих, які перебувають у борозенках

зернівок. Але він є більш витратним, тому що вимагає вживання заходів по утилізації мийних відходів, вологість яких становить 35 – 40 % і, зокрема, установки сушильного встаткування. Але основний недолік використання мийних машин полягає в тому, що дотепер не знайдений простий і ефективний спосіб очищення стічних вод, сильно забруднених різними мінеральними компонентами, у тому числі й мікробіологічного вмісту. Тому цей метод застосовується лише в дуже рідких випадках, а повсюдно використовується мокре лушення, при якому витрата води скорочується приблизно в 10 раз.

При сухому способі очищення поверхні зерна застосовують оббивальні й щіткові машини з більш «м'яким» впливом на зерно. Однак численними дослідженнями й досвідом роботи млинів доведено, що видалення верхнього шару плодової оболонки на оббивальних машинах супроводжується руйнуванням великої кількості зерен і ушкодженням ендосперму, а зольність зерна при цьому знижується незначно. Це приводить до втрат цінного продовольчого зерна й викликає необхідність вишукування більш ефективних способів і засобів для обробки його поверхні.

Одним з методів удосконалювання процесу очищення зерна при підготовці до помелу є лушення зерна.

1.3.3 Лушення зерна пшениці як метод підготовки до помелу

Як уже було відзначено, у цей час на борошномельних заводах у процесі очищення зерна пшениці відбувається лише видалення оболонок, що відділилися при зволоженні. На поверхні зерна залишається значна кількість мінерального й органічного пилу, а також різні види мікроорганізмів, які необхідно вилучити, тому що, потрапляючи в борошно, вони погіршують його якість і впливають на строк зберігання борошна.

Метою лушення зерна пшениці при сортовому хлібопекарському помелі є максимальне очищення поверхні зерна від пилу, бруду, цвілі, бактерій, а також спрощення й скорочення довжини технологічної схеми, у цьому випадку можна буде обмежитися скороченим драним і розмеленим процесами.

У готовій продукції зменшується кількість часток оболонки і поліпшується її зовнішній вигляд. Зольність пшениці після луцення зменшується.

Видалення оболонки дозволяє:

- одержувати більш добротний і гігієнічний чистий продукт;
- одержувати із драних систем хлібопекарське борошно з більш високим показником білизни;
- суттєво скоротити число подрібнюючих і ситовійних систем, спростити технологічну схему помелу.

Крім того, слід зазначити, що в процесі луцення з поверхні зерна виділяються, не тільки домішки, але й частина плодкових і насінних оболонок. Це, з одного боку, впливає на скорочення процесу зволоження зерна, але з іншої, через оголення ендосперму й травмування зародка зерна, може привести до втрати його життєздатності, чому не приділяється досить уваги. У зв'язку із цим потрібні додаткові дослідження процесу луцення і його впливу на властивості зерна пшениці.

Попередні експериментальні дослідження із луцення зерна були спрямовані на повне видалення покривних частин зерна, тому що не засвоювані людським організмом речовини втримуються, головним чином, в оболонках. Зародок і алейроновий шар багаті білками й ліпідами, присутність останніх у готовій продукції негативно впливає на якість її в процесі зберігання.

Порівняльні досліди по використанню зерна, лущеного сухим способом і попередньо зволоженого до 16 % (кількість видалених плодкових оболонок склала близько 50 % від їхнього загального вмісту) показали, що борошно зі зволоженого зерна виходить більш однорідне, світле та з кращими хлібопекарськими властивостями. Відносний вміст клітковини в зерні знизився на 15 – 25 %.

В [22] запропоновано здійснити на млині, відокремлення всіх оболонок зерна, у машинах вітчизняного виробництва. Пшениця після зволоження паром під тиском 0,15 МПа направлялася на чотири проходи «оголення». Кожний прохід «оголення» складався із впливу на зерно паром, пропуски його через лущильний конус і дуоаспіратор. Максимум видалення оболонок склав 8 – 10 %. Зольність

зерна після такої обробки знижувалася на 0,3 %, відносний вміст сирової клітковини – на 45 – 50 %.

На початку 50–х років питання вологого лущення зерна розглядалися в [19]. За три послідовні проходи попередньо зволоженого зерна через оббивальні машини виділялось 4 – 7 % оболонки. При помелі лущеного зерна загальний вихід борошна збільшився на 2 – 3 %, у тому числі вихід борошна високих сортів на 5 – 6 %.

Дослідження, проведені в [15] по лущенню зволоженого й сухого зерна в оббивальній машині, показали, що лущення попередньо зволоженого зерна трохи ефективніше сухого. Борошно стає світліше. Було відзначено також, що надмірне перезволоження зерна перед лущенням має негативні сторони: відходи лущення виходять вологими, виникає необхідність у їхнім просушуванні, борошно також має високу вологість, а робоча поверхня оббивальної машини швидко шліфується.

Відділенням оболонки зерна пшениці перед помелом займалися в [44] Після оббивальної машини зерно відволожували протягом 20 – 30 хвилин і направляли на лушильну машину ЗШН. У процесі лущення були зняті плодові оболонки в кількості 2,9 – 3,6 % від маси зерна. Зольність зерна після лущення знижувалася на 0,02 – 0,06 %, а зольність виділених оболонки становила 3,0 – 3,5 %. Сортний помел лущеного зерна показав, що зольність усіх сортів борошна із лущеного зерна на 0,01 – 0,03 % вище, ніж із зерна, підготовленого звичайним способом.

При односортному помелі з виходом борошна 85 % і особливо при виробленні оббивного борошна, попереднє часткове видалення верхніх забруднених шарів оболонки приводить до поліпшення якості борошна.

Узагальнюючи наведені дані, слід зазначити, що поставлене дослідниками завдання повного видалення оболонки зерна перед помелом не була досягнута, головним чином, через особливості анатомічної будови зерна.

Тому наступні дослідження в області відділення оболонки були спрямовані на пошук оптимальної з технологічної точки зору ступеня лущення зерна перед помелом.

Результатом більших досліджень, виконаних в Одеському технологічному інституті харчової промисловості ім. Ломоносова, з'явилося створення машини для

мокрого лушення зерна ШМД [44]. Дослідженнями І.Р. Дударева й І.В. Настагунина [44] обґрунтована технологічна ефективність застосування лопатевого гвинтопресового луцильника. Було встановлено також, що найбільш інтенсивне лушення зерна, зі зняттям оболонки до 12,5 %, відбувається при зволоженні його на 7 – 8 % водою, з початковою температурою 70 °С, і наступним відволоженням протягом 10 хвилин.

Вивчаючи міцність зв'язків між оболонками, що проявляється при лущенні пшениці, Л.І. Гросул, Л.І. Котляр і І.Р. Дударев запропонували емпіричну залежність, по якій можна визначити «енергію відриву» (A_n) плодової оболонки від зерна:

$$A_n = (C_1 - 2\sqrt{\Delta B}) \cdot \left(1 - \frac{2\tau\sqrt{\Delta B}}{\tau^2 + C_{2\Delta}B}\right)^{0,01} \quad (1.1)$$

де: C_1 й C_2 – коефіцієнти, рівні відповідно 13 – 16 і 18 – 22;

ΔB – збільшення вологості зерна, %;

τ – тривалість відволоження зерна, хв.

Згідно із цією залежністю, чим більше ступінь зволоження зерна, тем менше «енергія відриву» плодової оболонки. Отже, перед лушенням необхідно забезпечити максимально можливий ступінь зволоження, що повинне сприяти лущенню з меншими витратами енергії.

Тривала експлуатація луцильної машини ШМД на млині трьохсортового помелу пшениці дала позитивні результати. Кількість оболонки, відділених за один пропуск через машину ШМД склало 1,2 – 1,6 %, зниження зольності зерна – у середньому 0,03 %.

Для сортового помелу пшениці розробку технології лушення виконав Алимкулов Ж.С. У результаті дослідження він дійшов висновку, що попереднє лушення зерна можна застосувати при багатосортних помелах пшениці. При цьому він уважав оптимальним ступінь лушення в розмірі 0,8 – 1,0 % розраховуючи на

суху масу. У цьому випадку помітно знижується середньозважена зольність борошна й вміст у ньому клітковини, а білизна борошна поліпшується, також ним відзначається, що при ступені луцення 1 % вміст цвілевих грибів знижується приблизно на 50 %, а зольність зерна на 0,02 – 0,03 %.

В останні роки в різних країнах з'явилися розробки технології сортового помелу пшениці з попереднім луценням зерна. Чеська фірма Прокіп разом з канадськими вченими розробила подібний варіант технології за назвою «Дебраннинг», що в перекладі з англійського означає «оголення, видалення оболонки» [28]. Є також інформація, що особливий варіант технології розроблений у Китаї й у Японії.

Нова технологія луцення, розроблена фірмою «Бюлер» дозволяє оптимізувати так званий процес відбілювання. Після очищення, зволоження й кондиціонування зерна луцильник видаляє зовнішній шар оболонки зерен пшениці у вигляді стрічок. Технологія луцення, розроблена компанією «Бюлер», ґрунтується на тому, що луцильник видаляє зовнішню оболонку. За даними фірми, кількість мікроорганізмів після обробки зерна в луцильнику зменшується майже на 90 %, мікотоксинів – на 50 %, важких і токсичних металів – на 90 %, піску більш ніж на 90 % [26].

Українська фірма ТОВ «ОЛІС» розробила нову технологію помелу для млинів малої продуктивності з попереднім луценням зерна. При впровадженні нової технології на млинах малої продуктивності, фактична продуктивність млинів збільшується на 20 – 25 %, а витрати електроенергії не перевищують 70 кВт на тону переробленого зерна. При цьому, борошну вищого сорту має характерний привабливий товарний вигляд (без видимих «вкраплень» і сірого відтінку) [33].

Як показує аналіз представлених цими фірмами матеріалів, вони використовують луцильно-шліфувальні машини. Але автори цієї технології вказують, що такий варіант придатний для здійснення тільки на млинах невисокої виробничої потужності – не понад 50 – 60 т/добу.

Однак є можливість розробки варіанта технології з попереднім луценням зерна, вільного від цих обмежень. Є можливість добитися видалення практично

всіх шарів плодової оболонки зерна при особливому варіанті його зволоження й відволоженням.

Поряд з очищенням поверхні зерна, найважливішим етапом сучасної технології борошномельного виробництва є гідротермічна обробка (ГТО). Саме за допомогою режимів ГТО можна змінити вихідні технологічні властивості зерна в заданому розмірі, з метою одержання з нього підвищеної кількості високоякісного борошна. Це, у свою чергу означає, що дослідження із лушення зерна неможливо проводити без обліку тих змін, які відбуваються із зерном при здійсненні наступного етапу технології, тобто в процесі його зволоження.

1.3.4 Лушення зерна жита як метод підготовки до помелу

Інтенсивне лушення зерна жита є ефективним технологічним прийомом при підготовці зерна до помелу, що пов'язане з морфологічними особливостями жита, яке характеризується зморшкуватою поверхнею, значною товщиною плодових оболонок [21].

Для зерна жита характерно більш щільне зрощення оболонки з ендоспермом і більша товщина оболонок у порівнянні із зерном пшениці.

Оболонки зерна жита більш пластичні й чинять більший опір при подрібненні, ніж оболонки зерна пшениці. Це пояснюється більшим вмістом слизистих речовин, у зерні жита.

Дослідження [39] показали, що для лущильного (з відбором оболонок до 4 % оболонок) зерна жита оптимальними параметрами «холодного» кондиціювання будуть: вологість до 14,5 % і час відволоження 2 – 3 години.

Попереднє (до розмелу) відділення оболонок зерна житу дозволяє застосовувати більш низькі режими здрібнювання з більшою щільністю нарізки рифлів. Лушення жита приводять для збільшення його об'ємної маси, скороченню часу відволоження при «холодному» кондиціюванні, зниженню вмісту мікроорганізмів на його поверхні, опір зерна подрібненню знижується, також знижується автолітична активність борошна і її зольність, поліпшується білизна борошна й збільшується вихід сіяного борошна. Хліб, отриманий з борошна

лущеного зерна жита, має більший об'ємний вихід, колір м'якушки світліше й із кращою структурою.

Оптимальна кількість відокремлюваних оболонок при лущенні зерна жита лежить у діапазоні 3 – 4% для сортових млив [32].

1.3.5 Гідротермічна обробка зерна

Одним з факторів, що сприяють поліпшенню технологічних властивостей зерна й готової продукції, є процес гідротермічної обробки, що полягає в спрямованій зміні технологічних властивостей зерна при підготовці його до помелу [2]. Зволоження зерна пшениці характеризується взаємодією зерна з більшою кількістю води, у результаті чого в ньому відбуваються фізичні й біохімічні зміни, вивченню яких присвячена безліч наукових праць, як вітчизняних, так і закордонних учених.

За сучасними уявленнями [34] механізм зволоження зерна полягає в наступному: спочатку вода проникає в пустотілі омертвілі клітки плодових оболонок і накопичується в міжклітинному просторі трубчастого шару. Вологовміст цих анатомічних частин у таких умовах може досягати 80 – 100 %, а тому, що відносний вміст плодових оболонок становить близько 4 % від маси сухих речовин зерна, то це забезпечує збільшення вологості зерна на 3 – 5 %. При цьому основна частина вологи накопичується в зародку, борідці й борозенці, звідки згодом мігрує в ендосперм. Однак захоплена плодовими оболонками волога зв'язана слабо й може переходити в навколишнє середовище, що пояснюється біологічною функцією оболонок, які охороняють зародок і ендосперм від механічних ушкоджень. Міцне утримання води в зерні й запобігання її втрат забезпечується завдяки високій гідрофільності тканин насінневої оболонки, алейронового шару й зародка. Особливе значення має те, що клітки алейронового шару й зародка зберігають життєдіяльність, і вода необхідна їм для розвитку фізіологічних процесів, пов'язаних із проростанням зерна. У цих частинах зернівки вода перебуває протягом часу, необхідного для активізації ферментної системи, що забезпечується за рахунок бар'єрного ефекту перешкоджаючого вологопереносу.

Швидкість процесу водопоглинання й ступінь зволоження зерна при контакті з водою, тобто величина захоплення вологи, визначаються вихідною вологістю зерна (чим вона вище, тем менше ступінь зволоження), температурою води й крупністю зерна. В останньому випадку роль відіграє відносний вміст плодових оболонок, яке може також залежати й від умов проростання, типу й сортових особливостей зерна. Так, при нормальних умовах рівномірний розподіл вологи по зерну відбувається за 17 – 18 годин, причому для склоподібного зерна пшениці необхідно більший час. Це пов'язане з низьким значенням коефіцієнта дифузії вологи й особливою роллю поверхневих шарів зерна й зародка. При підвищенні ж температури до 30 – 40 °С розподіл вологи закінчується через 3 – 5 годин, а при зволоженні водою з температурою 50 – 60 °С остаточний розподіл відбувається за 2 години.

Слід також зазначити, що величина вологості зерна впливає на його структурно-механічні властивості. Так, при вологості 12,5 – 12,8 % зерно в цілому представляє порівняно тендітне пружне тіло, яке при динамічних навантаженнях руйнується з малої витратою енергії та з утворенням значної знову утвореної поверхні за рахунок здрібнювання тендітних оболонок. При вологості 17,0 – 18,0 % зерно проявляє себе як пружно-пластичне тіло, у результаті чого робота на руйнування зростає, а знову утворена поверхня знижується. В області 15 – 17 % вологості зерна пшениці проявляється найбільш високі технологічні властивості, що дозволило визначити цей діапазон вологості як «зону технологічних оптимумів» [15].

1.4 Еволюційний розвиток процесу підготовки зерна до помелу

Сучасна технологія сортового помелу пшениці заснована на розроблені в другій половині XIX столітті принципах організації процесу, однак новітня історія розвитку виробництва, що характеризується істотною зміною в технологіях, практично не досліджена, тому був проведений аналіз історії розвитку

зерноочисного відділення борошномельних підприємств за останні 60 – 70 років, з метою виявлення тенденцій розвитку й прогнозування [34].

Як видно з таблиці 1.2 суттєво змінився вихід борошна. Так для 3-х сортового помелу пшениці вихід борошна в/с із 1938 року й по 1967 рік варіювався від 10 до 15 %, далі за рахунок удосконалення технологій, стало можливо одержувати до 30 %, а з початку 80 років, коли почалося технічне переоснащення борошномельних заводів на устаткування фірми Бюллер, і вихід борошна виріс до 55 % (одним з наслідків є збільшення ступеня вилучення ендосперму). При цьому вихід борошна 2 сорту значно знизився (з 48 % 1944 року до 10 % 1991 року). Загальний же вихід борошна в 3-х сортовому помелі пшениці знизився з 78 % до 73 % у цей час.

Таблиця 1.2 – Вихід продукції

Параметри	1938 – 1944 р	1956 р	1967 р	1978р	1991р	Міні млини
Загальний вихід борошна						
	78	78	78	75 – 78	73 – 78	70 – 72
Вихід борошна в/с						
	10	10 – 15	10 – 15	10 – 30	25 – 55	25 – 40
Вихід борошна 1 с						
	20	30 – 35	30 – 45	35 – 50	15 – 45	30 – 35
Вихід борошна 2 с						
	48	33	28 – 33	25 – 28	18	-
Висівки						
	19,5	18,5	18,5	18,5	19,1	25
Відходи						
1 категорії	1,6	2,6	2,8	2,8	2,2	2,2
2 категорії	0,9	0,9				
3 категорії з мех. втратами			0,9	0,9	0,7	0,7

У випадку млином малої продуктивності звертає на себе увага дуже велика кількість висівок. Це говорить про те, що потенціал зерна використовується не повністю.

1.4.1 Вимоги до якості зерна й борошна

Фактично вимоги до якості зерна, що надходить на борошномельний завод й обмежувальні норми не понесли серйозних змін.

Але при цьому розширився ряд показників якості, що характеризують хлібопекарські властивості борошна. Якщо раніше в лабораторіях аналізували такі показники, як визначення зольності, крупності й клейковини, то зараз впровадили визначення білизни, числа падіння (уведений з 1991 року), що пов'язане з вимогою до більш точної й швидкої оцінки якості.

Норми якості зерна на першій драній системі не змінилися, що дозволяє зробити висновок, що зміни зв'язані не з зовнішніми причинами, а з удосконалюванням самої технології.

1.4.2 Зерноочисне відділення

Аналіз зерноочисного відділення млинів був проведений на основі Правил, які дозволили провести більш наочне порівняння структури, як процесів, так і операцій.

Підготовка зерна до помелу містить у собі 5 етапів: формування потоку, складання помольних сумішей, очищення від домішок, очищення поверхні, гідротермічну обробку й контроль відходів.

1.4.3 Формування потоку

До 1978 року зерно з елеватора надходило одним потоком. Структура й функції даного процесу пройшли значну еволюцію, починаючи з 1978 року, коли з'являється поняття «стабілізація» потоку за допомогою обладнань дозування й до 1991 року, коли мова йде про різнорідні партії зерна, що надходять із елеватора роздільно, з метою подальшого розподілу на потоки й більш диференційованого добору режимів ГТО.

Етап на млинах малої продуктивності відсутній.

1.4.4 Очищення від домішок

Значно змінилася структура очищення зерна, не торкнувшись, у свою чергу, норми ефективності роботи машин.

Найпершою операцією завжди була операція сепарування зерна («чорний» сепаратор). Але, якщо говорити про 1938 – 1967 роки, то мало місце 3-ри кратне очищення, яке до 1978 року переросло в 2-во кратну, а на сьогоднішній день, якщо проводиться відбір дрібної фракції на елеваторі, скорочена до однократного очищення.

1.4.5 Відбір мінеральної домішки

Каменевідбірні машини до 1978 року займали місце після сепаратора на 3-му етапі очищення, що було пов'язане з особливостями самої машини, що мала дорогий робочий орган (гофрований диск). Переміщення ж каменевідбірника на перший етап очищення й застосування більш ефективних вібропневматичних каменевідбірних машин дозволило значно збільшити строк експлуатації самопливних труб і робочих частин іншого устаткування й відмовитися від використання для відбору мінеральної домішки мийних машин.

Зерноочисне відділення на млинах малої продуктивності складається з: сепаратора, каменевідбірника, куколевідбірника й оббивальної машини, усі операції виконуються в одній повторності.

1.4.6 Очищення поверхні

Еволюція розвитку машин показала недоцільність використання наждачно-оббивних машин. Змінилася конструкція бичів. Провели заміну поверхні на сітчасто-плетену. Все це привело до зменшення кількості битих зерен з 2 % до 1 %, при незначній зміні зольності.

1.4.7 Гідротермічна обробка

Не можливо не відзначити колосальні зміни в структурі, способах і режимах гідротермічної обробки. Обов'язкове 3-ри етапне кондиціювання було рекомендовано з 1956 року, з 1967 року були введені диференційовані режими кондиціювання, у тому числі використання швидкісного кондиціювання, з 1978 року – потокового процесу відволоження, і тільки в 1991 році, як обов'язкове для млинів сортового помелу пшениці, було введено формування паралельних потоків. На жаль можливості млинів малої продуктивності дозволяють провести тільки один скорочений у часі етап ГТО.

Висновки до розділу

Проаналізувавши математично, ступінь складності технологічного процесу, можна зробити висновок про спрощення схеми очищення, що звичайно пов'язане з удосконалюванням устаткування, зниженням рівня засміченості зерна, з якісною й кількісною стабілізацією процесу, диференційованим підходом до сировини, що переробляється, появою операції формування потоку, диференційовані режими ГТО, поліпшенням техніки, однак у випадку із млинами малої продуктивності просте скорочення технологічного устаткування й спрощення технології підготовки привело до низького рівню використання зерна, при цьому значна кількість вироблюваної на цих млинах борошна не відповідає вимогам ДСТУ.

Отже, завдання інтенсифікації підготовки зерна для млинів малої продуктивності й науковий пошук по цих двом проблемам являє собою актуальне завдання. Саме в такому напрямку й була сформульована мета дослідження й розроблений план її виконання.

2 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Дослідження проводили в лабораторії кафедри харчових технологій Дніпровського державного аграрно-економічного університету та у виробничо-технологічній лабораторії товариства з обмеженою відповідальністю «ЮОНА ГРУП» міста Дніпро.

2.1 Об'єкти і методи дослідження

У роботі використані сорти зерна пшениці, районовані в Дніпропетровській області, а також партії зерна з інших областей України показники, якості яких наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники якості зразків зерна пшениці

Найменування показника	Показники
Вологість, %	9,0 – 13,9
Натура, г/л	740 – 780
Маса 1000 зерен, г	31 – 38
Число падіння, с	320 – 470
Скловидність, %	55 – 80
Клейковина:	
- кількість, %	17 – 32
- якість, од. ІДК	50 – 110
Зольність, %	1,69 – 1,90

2.1.1 Оцінка якості зерна і продуктів його переробки

Фізико-хімічний і біохімічний аналіз зерна, борошна, хліба проводили по методах, передбачених діючими на момент проведення дослідження, натура зерна визначалася за ГОСТ 10840-64, кількість і якість клейковини – за ГОСТ 13586.1-68, вологість – за ДСТУ 13586.5-93, скловидність – ГОСТ 10987-76, вміст бур'янистої, зернової домішок, дрібних зерен і крупних – ГОСТ 13586.2-81, крупність борошна – за ДСТУ 27560-87, число падіння методом Хагберга-Пертена – ГОСТ 27676-88. Динаміку швидкості газоутворення при шумуванні

тіста вивчали волюмометричним методом. Пробну випічку хліба із сортового пшеничного борошна робили за ГОСТ 27669-88.

2.1.2 Лущення зерна

Лущення зерна здійснювали на лабораторній установці «Satake», тривалість лущення контролювали секундоміром. У процесі лущення зерна видаляли поверхневі шари й частину зародка. Кількість відділених оболонки становила від 1,0 до 5,0 %.

Ступінь лущення розраховували по формулі 2.1.

$$C_n = 100 - \left(\frac{m_1}{m_2} \right) \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

де C_n – ступінь лущення зерна, %;

m_1 – маса зерна після лущення, г;

m_2 – маса зерна до лущення, г.

2.1.3 Кінетика водопоглинання зерна

Техніка проведення дослідів полягала в тому, що наважка зерна постійної маси (20 г), з відомою вихідною вологістю в спеціальних сітчастих стаканчиках занурювали в посудину з водою при кімнатній температурі на час від 1 до 30 хвилин. Потім зерно промокали на вафельному рушнику від надлишкової поверхневої вологи й зважували. Розрахунки приросту вологи вели по зміні маси наважки.

На основі збільшення маси наважки зерна після видалення надлишкової поверхневої вологи розраховували вологість зерна після зволоження, по формулі 2.2.

$$W_K = \frac{G_K - G_H \left(1 - \frac{W_H}{100}\right)}{G_K} \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

де G_K – маса наважки після видалення надлишкової поверхневої вологи, г;

G_H – маса вихідної наважки, г;

W_K – кінцева вологість навішення зерна, %;

W_H – вологість вихідного навішення, %.

2.1.4 Помел зерна

Помел зерна вели з розрахунками виходу борошна 70 % на лабораторному млині «Nagema» і автоматичному млину «Buhler» МЛУ-202.

Млин МЛУ-202 призначений для одержання односортного борошна 68 – 70 % виходу. Він має три драні й три розмелені системи й два розсіву з металевими й тканинними ситами. Подача продуктів – пневматична.

Розмел зерна на лабораторному млині здійснюється в автоматичному режимі за наведеною схемою технологічного процесу (рисунок 2.1).

Млин «Nagema» являє собою комплекс, що складається з вальцьового верстата з нарізними й мікрошорсткуватими вальцями й розсіву. Гнучкість технологічної схеми й можливість зміни кінематичних параметрів дозволяють проводити різні помели для досягнення конкретних цілей пошуку оптимального розв'язку, одержання необхідної інформації про борошномельні властивості зерна.

Технологічна схема помелу на установці «Nagema» показана на рисунку 2.2.

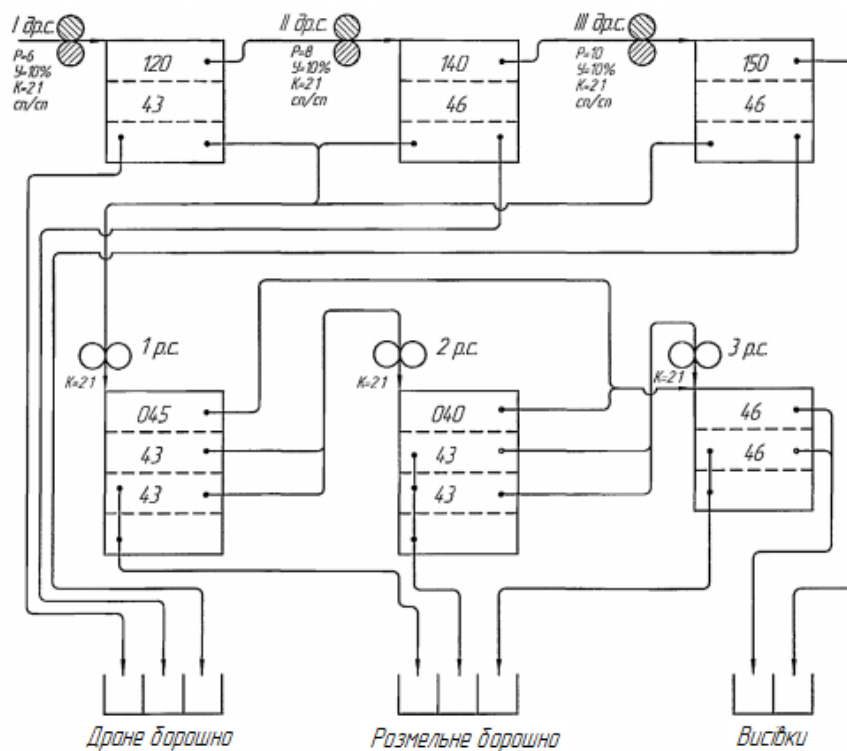


Рисунок 2.1 – Технологічна схема помелу на млині МЛУ-202

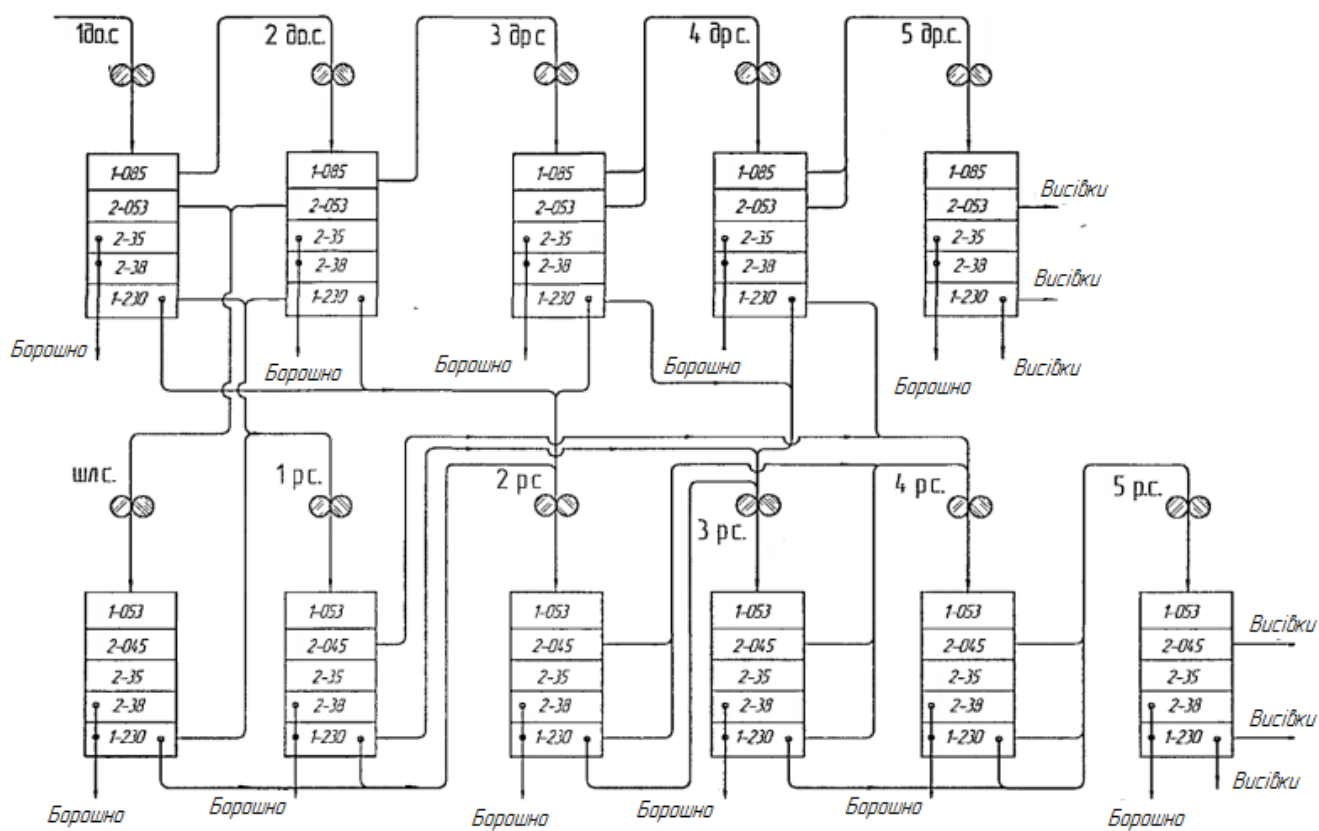


Рисунок 2.2 – Технологічні схеми схема помелу на установці «Nageta»

2.1.5 Дисперсність борошна

Визначення й оцінку дисперсності борошна робили методом телевізійної мікроскопії на вимірювальному обладнанні ГИУ-1.

Гранулометричний пристрій ГИУ-1 являє собою телевізійний мікроскоп, що дозволяє визначати гранулометричний склад тонкодисперсних речовин, зокрема борошна, і призначений для спостереження й реєстрації зображень об'єктів при дослідженні в лабораторних умовах.

Для кількісної обробки відеозображень проб борошна відеокамера мікроскопа підключена до ПК. Обробка відеозображень відбувається за допомогою програми Flour32 1,0 і полягає в автоматизованому підрахунку окремих часток борошна, визначенні їх розміру, а також визначенні показників, що характеризують форму часток борошна. Результати відображаються у вигляді гістограм і числових таблиць розподілу часток борошна по всіх можливих параметрах.

2.1.6 Реологічні методи дослідження

Дослідження реологічних властивостей пшеничного борошна, борошняних сумішей з додаванням борошна круп'яних культур різного складу проводили на приладі «Alveograph NG» фірми Шопен за ДСТУ 51415-99 «Борошно пшеничне. Фізичні характеристики тіста. Визначення реологічних властивостей із застосуванням альвеографа» і на приладі «Farinigraph» фірми Брабендер за ДСТУ 51404-99 «Борошно пшеничне. Фізичні характеристики тіста. Визначення водопоглинення й реологічних властивостей із застосуванням фаринографа».

Висновки до розділу

В даному розділі дипломної роботи було розглянуто характеристику об'єкту досліджень, а також приведено методики проведення досліджень.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1 Дослідження процесу лущення зерна

Ефективність лущення зерна пшениці оцінювали за ступенем лущення й виходу дробленого зерна (таблиця 3.1).

Зразки зволожили на 1, 2, 3, 4, 5 % і відволожували протягом 5, 10, 15, 20, 25, 30 хвилин, після чого знімали 3 % оболонки.

У результаті була виявлена залежність тривалості лущення від ступеня зволоження (рисунок 3.1). Чим більше ступінь зволоження вихідного зерна, тим більше часу й енергії витрачається на лущення.

Найбільш гарні результати отримані при зволоженні зерна на 3 %, зволоження 1 – 2 % недостатнє для прояву ефекту дії тонких шарів води в області трубчастого шару плодової оболонки, а при зволоженні на 4 і 5 % була відзначена підвищена вологість оболонки, що знімаються, і залипання робочої поверхні лущильної установки.

Таблиця 3.1 – Вміст битих зерен (%) при знятті 5 % оболонки в залежності від ступеня зволоження й відволоження

Час відволоження, хв.	Ступінь зволоження, %				
	1	2	3	4	5
5	2,13	2,01	1,46	1,32	1,14
10	2,14	1,99	1,47	1,30	1,14
15	2,13	2,00	1,45	1,30	1,13
20	2,12	1,99	1,43	1,28	1,14
25	2,14	1,99	1,41	1,25	1,11
30	2,14	1,97	1,40	1,27	1,09

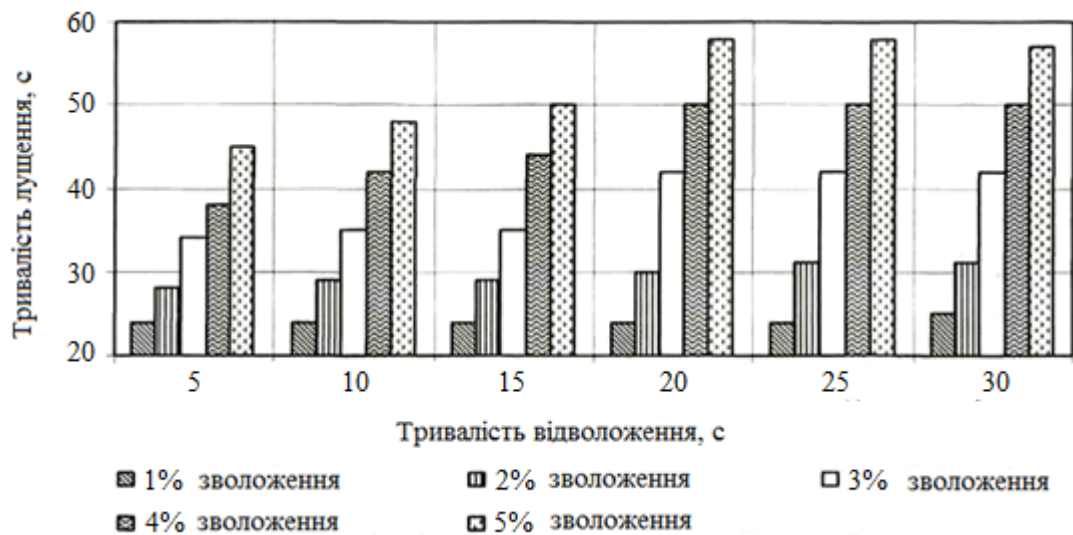


Рисунок 3.1 – Залежність тривалості лушення пшениці від ступеня зволоження, с

При контакті з водою зерно спочатку поглинає її плодовими оболонками, в області шару трубчастих кліток утворюється прошарок води товщиною в декілька мкм. Такі тонкі шари проявляють розклинюючу дію, тому при виникненні цього явища зв'язок між плодовою й насінною оболонкою різко знижується й плодова оболонка легко може бути вилучена. Однак, таке положення зберігається не більш 15 хвилин. Надалі вода швидко переходить у насінневу оболонку, алейроновий шар і зародок, тому розклинюючий ефект зникає й зв'язок між плодовою й насінневою оболонками відновлюється. Це теоретичне твердження підтверджується експериментом, у якому зерно зазнало одиничного впливу абразивної поверхні (рисунок 3.2). Виходить, лушення потрібно проводити в перші хвилини відволоження, однак якщо проводити лушення в перші хвилини відволоження, треба знімати оболонки пошарово з багаторазовим зволоженням і лушенням, що призведе до ускладнення технологічної схеми й неможливо реалізувати в умовах млинів малої продуктивності.

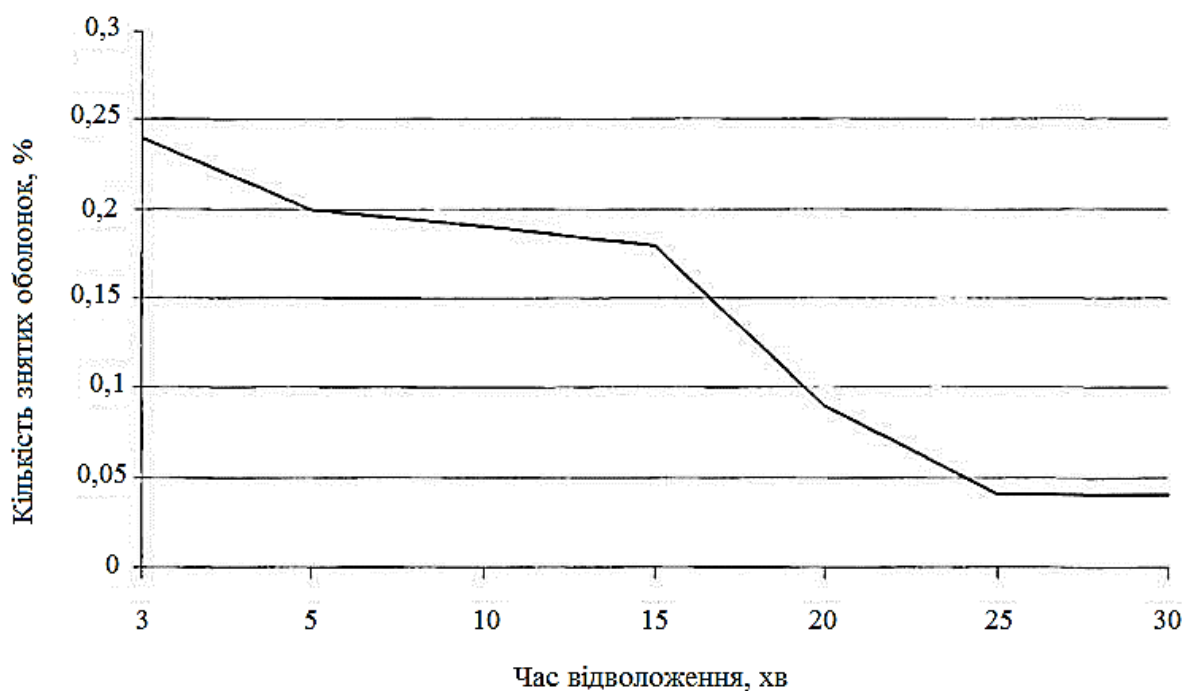


Рисунок 3.2 – Залежність луцення від тривалості відволоження

3.2 Вплив луцення зерна на його фізико-хімічні показники

Дослідження впливу луцення зерна на його фізико-хімічні показники проводили при відділенні оболонки у кількості від 1 до 5 %, результати представлено в таблиці 3.2.

Згладжування поверхні зерна в результаті луцення сприяє підвищенню його натурності (рис 3.3). У міру збільшення кількості, що знімаються із зерна оболонки, знижується його зольність (рис 3.4).

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні властивості досліджених зразків зерна

Показник	Ступінь лущення, %	Сорт пшениці		
		Українська 49	Житниця	Дніпрянка
1	2	3	4	5
Вологість, %	0	9,2	10,0	9,0
	1	9,6	10,5	9,4
	2	9,6	10,5	9,4
	3	9,6	10,5	9,4
	4	9,6	10,5	9,4
	5	9,6	10,5	9,4
Натура, г/л	0	809	760	741
	1	813	771	760
	2	819	783	771
	3	827	789	782
	4	835	800	792
	5	840	805	800
Маса 1000 зерен, г	0	37,9	30,1	31,4
Число падіння, с	0	331	340	296
	1	351	362	336
	2	352	375	338
	3	346	380	330
	4	350	383	340
	5	350	387	344
Скловидність, %	0	65	69	93
	1	66	68	90
	2	66	69	89
	3	65	69	89
	4	64	67	90
	5	63	70	88
Зольність, %	0	1,77	1,74	1,82
	1	1,77	1,71	1,80
	2	1,74	1,70	1,78
	3	1,72	1,68	1,76
	4	1,70	1,68	1,75
	5	1,69	1,67	1,73

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
Клейковина: • кількість, % • якість, од. ІДК	0	32,5 80,5	20,4 89,5	16,6 110,0
	1	32,5 77,5	20,2 90,0	16,6 107,0
	2	32,3 77,0	20,4 94,0	16,4 108,0
	3	32,4 80,5	20,5 95,0	16,5 108,0
	4	32,5 77,0	20,6 93,0	16,6 110,0
	5	32,7 79,5	20,4 94,5	16,6 108,0

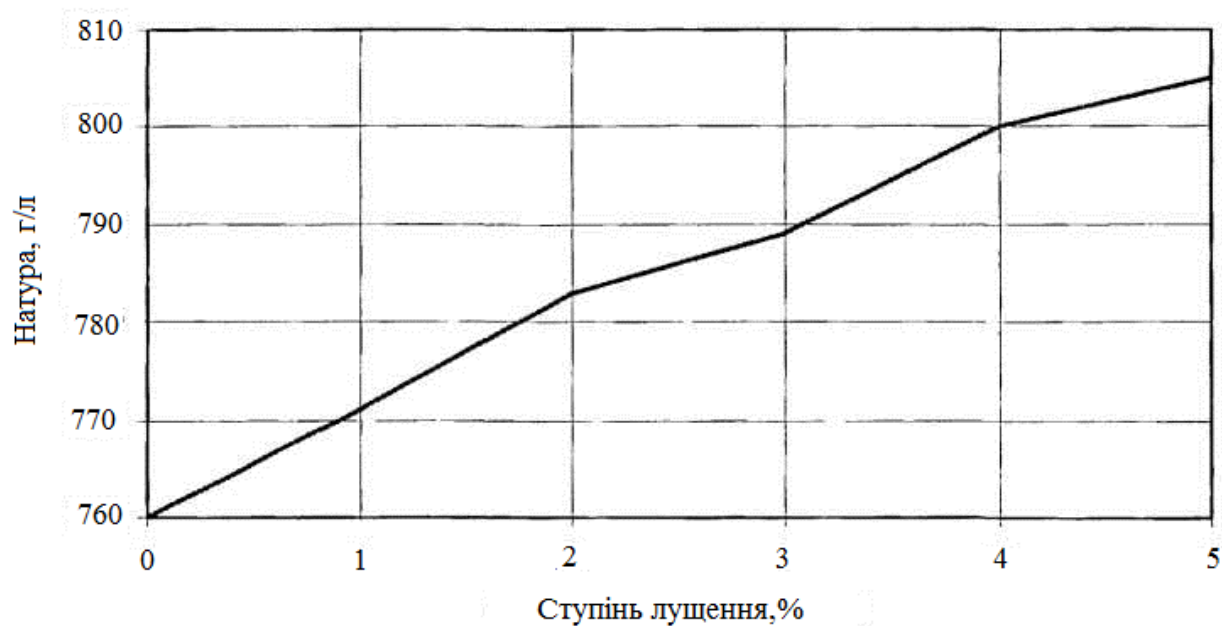


Рисунок 3.3 – Вплив лушення на натуру зерна

Регресійний аналіз, проведений у програмі «Microsoft Office Excel», дозволив установити лінійну кореляційну залежність показника натурою від ступеня лушення, яка характеризується наступним рівнянням:

$$y = 762 + 9,09 \cdot x, \quad (3.1)$$

де: y – натура, г/л;

x – ступінь луцення, %.

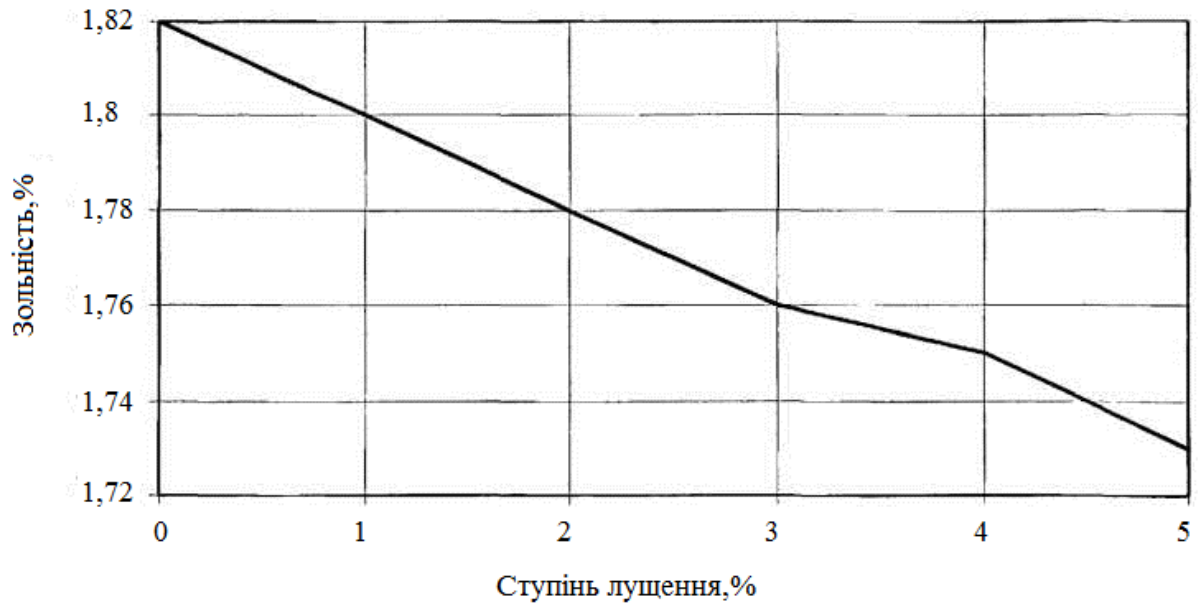


Рисунок 3.4 – Вплив луцення на зольність зерна

Кореляційна залежність зольності від ступеня луцення характеризується наступним рівнянням:

$$y = 1,82 - 0,02 \cdot x, \quad (3.2)$$

де y – зольність, %;

x – ступінь луцення, %.

У процесі луцення незначно збільшується показник числа падіння (рис. 3.5), внаслідок того, що в процесі луцення відбувається не тільки зняття плодкових, але й часткове, а іноді й повне видалення зародка, що приводить до зниження автолітичної активності зерна. (рис 3.6).

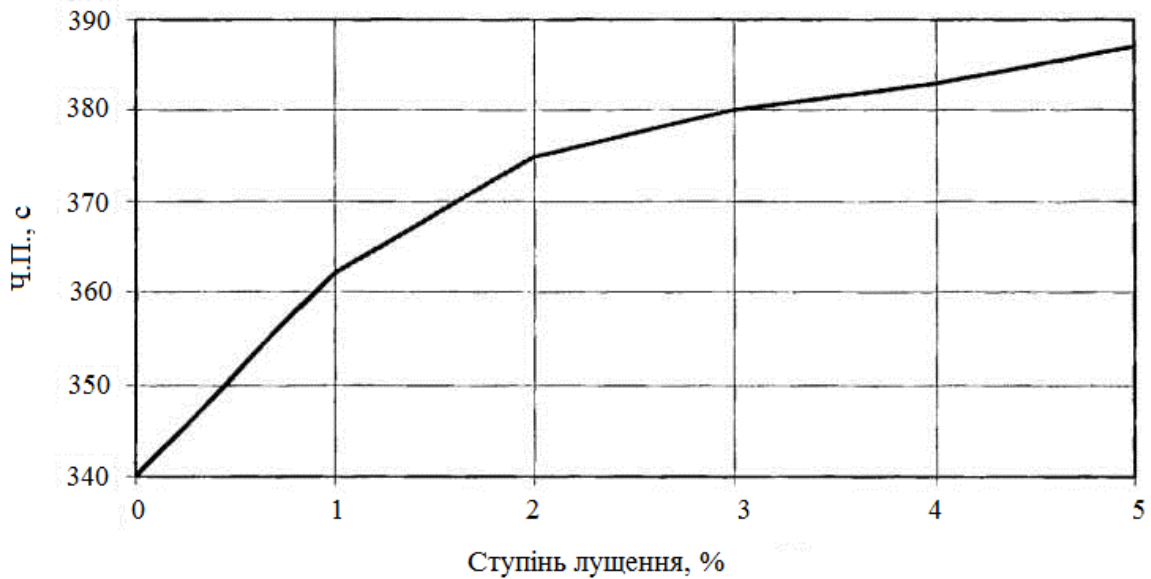


Рисунок 3.5 – Вплив лушення на число падіння зерна

Кореляційну залежність числа падіння від ступеня лушення, характеризується рівнянням:

$$y = 349,52 + 8,66 \cdot x, \quad (3.3)$$

де y – число падіння, с;

x – ступінь лушення, %.

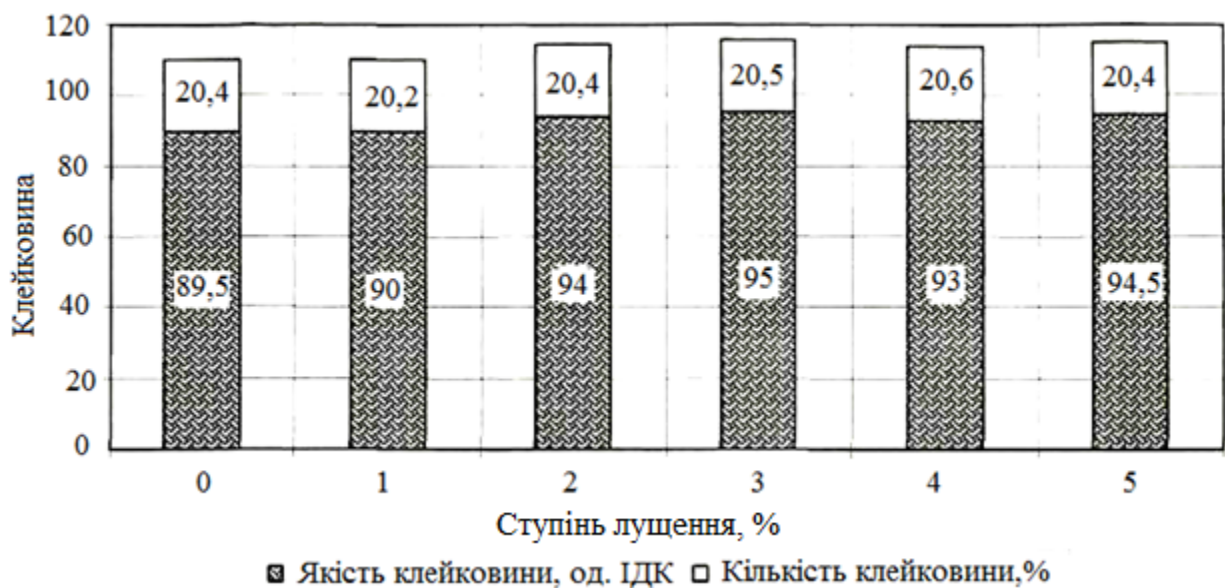


Рисунок 3.6 – Вплив лушення на якість і кількість клейковини зерна

У той же час лущення має впливає на кількість і якість клейковини зерна.

3.3 Вплив лущення зерна на кінетику зволоження зерна

Поряд з очищенням поверхні зерна, найважливішим етапом у сучасній технології борошномельного виробництва є гідротермічна обробка (ГТО).

Саме, за допомогою режимів ГТО можна змінювати вихідні технологічні властивості зерна в заданому розмірі, з метою одержання з нього підвищеної кількості високоякісного борошна.

Із цією метою вивчили особливості зволоження зерна. Наведені на (рис. 3.7) криві зволоження показують, що лущене зерно інтенсивніше поглинає вологу. Це помітно з перших же хвилин зволоження й зі збільшенням тривалості зволоження різниця в інтенсивності поглинання води продовжує тільки збільшуватися. Криві збільшення вологості при 4 і 5 % лущенні практично збігаються, що свідчить про не доцільність подальшого лущення, це підтверджується й візуальним оглядом стану поверхні зерна різному ступеня лущення. При лущенні на 4 – 5 % відбувається практично повне видалення зародка часткове оголення ендосперму зерна.

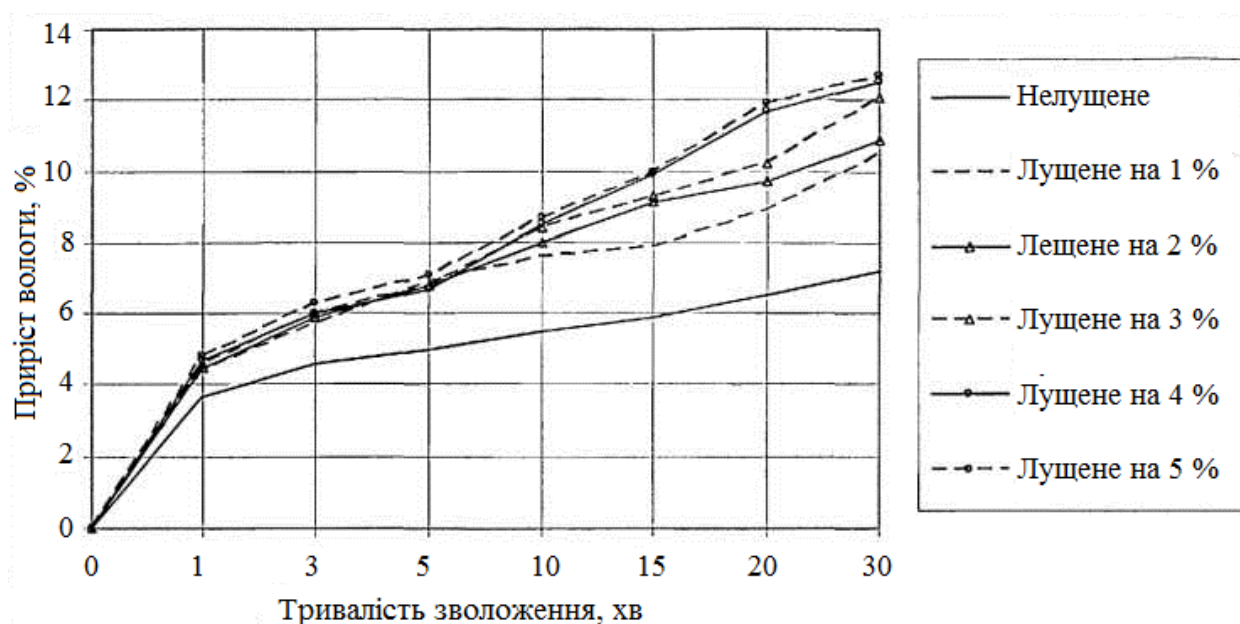


Рисунок 3.7 – Криві зволоження зерна

3.4 Вплив лушення на вихід і білизну борошна

Перед помелом зерно пшениці очищали від бур'янистої й зернової домішки, зволожили до 15 – 16 %, відволожили протягом 24 годин і лушили.

Вихід борошна розраховували стосовно суми мас борошна й висівок. У таблиці 3.3 представлені вихід і білизна борошна при помелах з різним ступенем лушення.

Таблиця 3.3 – Залежність виходу й білизни борошна від ступеня лушення при помелі на МЛУ-202

Система	Ступінь лушення, %					
	К	1	2	3	4	5
Загальний вихід	71,81	72,64	73,41	73,98	74,71	75,2
Білизна	55,3	53,1	53,3	54,1	54,8	55,1

Що стосується виходу борошна, з таблиці 3.3 і рисунка 3.8 видна пряма пропорційність її збільшення в міру зростання кількості знятих оболонок із зерна, що направляється на помел.

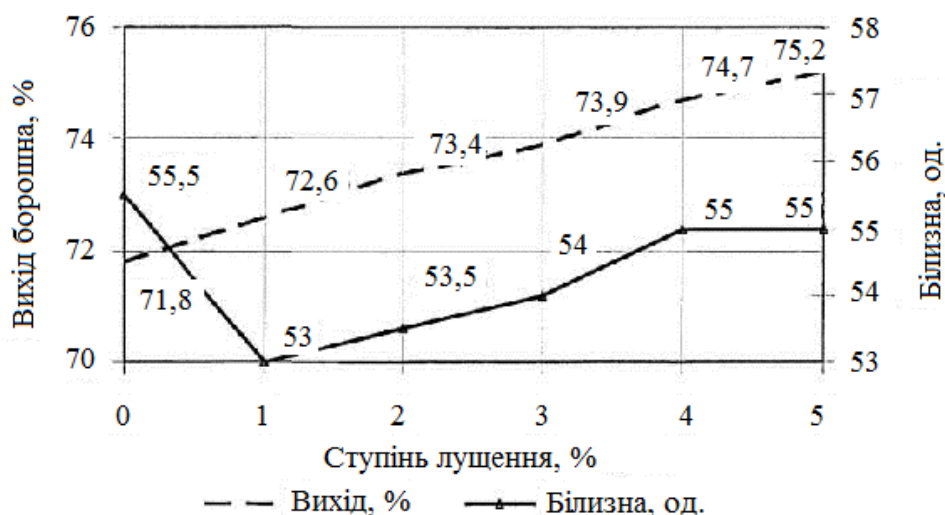


Рисунок 3.8 – Залежність виходу й білизни борошна від ступеня лушення

Регресійний аналіз, проведений у програмі «Microsoft Office Excel», дозволив установити лінійну кореляційну залежність виходу і білизни від ступеня лушення, які характеризується наступними рівняннями:

$$y = 71,83 + 0,678 \cdot x, \quad (3.4)$$

де y – вихід борошна, %;

x – ступінь лушення, %.

$$y = 52,45 + 0,55 \cdot x, \quad (3.5)$$

де y – білизна, од;

x – ступінь лушення, %.

Однак було встановлено, що показник білизни борошна при помелі зерна лушеного менш ніж на 4 % знижується. На нашу думку це пов'язане з тим, що при лущенні більш 3 %, практично повністю відділяється плодова оболонка, що позитивно позначається на білизні борошна. При лущенні ж менш 4 %, що залишилися оболонки тільки втрачають міцність і цілісність, потрапляючи в розмелені системи, інтенсивно подрібнюються, у результаті чого погіршується білизна й зольність борошна, тому ми ухвалюємо в якості оптимальної ступінь лушення 4 – 5 % для зерна пшениці.

3.5 Порівняльний помел на автоматичному млині МЛУ-202 з попереднім лушенням

Як було сказано вище, оптимальний ступінь лушення відповідає видаленню оболонок зерна пшениці в розмірі 4 – 5 %. У цьому випадку досягається збільшення виходу борошна з гарною білизою. Типовий кількісно-якісний баланс борошна при помелі на МЛУ-202 з попереднім лушенням 4 % представлено в таблиці 3.4.

Таким чином, вихід борошна в драному процесі залишилося практично однаковим при помелі вихідного (нелущеного) і лущеного зерна. Але на розмелених системах отримано на 3,35 % борошна більше внаслідок здрібнювання крупкових продуктів підвищеної чистоти (добротності), що утворювалися із лущеного зерна. У результаті загальний вихід борошна підвищився на 2,90 % при збереженні колишньої якості, на що вказує показник її білизни (55,5 і 55,0 од.).

При цьому помітно скоротився час, витрачений на помел в розмелених системах, що свідчить про підвищення борошномельних властивостей лущеного зерна й вказує на зниження енерговитрат на помел.

Отже при розмелі лущеного на здрібнювання проміжних продуктів потрібно набагато менше енергії, що повністю компенсує витрати енергії на лущення й помітно знижує загальні витрати енергії на помел.

У розмеленому процесі також надається можливість скорочення на кілька систем, що пояснюється вступом із драного процесу більш дрібних і добротних продуктів, приблизно, з більшою розвиненістю мікротріщин. Отримані зразки борошна аналізували по органолептичних, фізико-хімічним показникам і показникам безпеки.

Запах і смак зразків борошна властиве нормальному борошну без хрускоту при розжовуванні. Зараженість і забруднення борошна шкідниками відсутня. По показниках білизна, зольність, число падіння, кількість і якість сирої клейковини в зразків приблизно однакові значення й відносяться до борошна вищого сорту. Однак дисперсний склад часток борошна після лущення виявився приблизно на 10 % менше ніж у зразків без лущення, середній розмір часток був рівний 72,9 мкм і 84,1 мкм відповідно, завдяки чому у виробничих умовах можна збільшити вихід борошна.

Таблиця 3.4 – Кількісно-якісний баланс борошна при помелі на МЛЮ-202

№ п/п	Система	До лушення		Після лушення 4 %	
		Вихід, %	Білизна, од	Вихід, %	Білизна, од
1.	I др.	6,17	58,4	6,24	56,2
2.	II др.	13,58	50,6	13,57	49,9
3.	III др.	2,88	29,1	2,37	29,5
4.	Разом борошна по драних системах	22,63	50,0	22,18	49,5
5.	1 р.	30,25	59,5	31,61	58,8
6.	2 р.	8,64	58,5	9,74	57,8
7.	3 р.	10,29	52,2	11,18	52
8.	Разом борошна по розмелених системах	49,18	57,8	52,53	57,2
14.	Разом борошна	71,81	55,3	74,71	54,9
15.	Висівки др.	8,43		8,30	
16.	Висівки розмелені	19,75		16,99	
17.	Разом висівок	28,19		25,29	
18.	Разом всього	100		100	

Подібні результати отримані при помелі всіх партій пшениці, а також їх суміші із зерном тритикале.

3.6 Порівняльний помел на лабораторному млині «Nagema» з попереднім лушенням

Розмельна установка «Nagema» дозволяє відтворювати технологічні процеси виробничого млина, а саме, схеми з аналогічною кількістю драних, шліфувальних і розмелених систем. Усі продукти виражають в % до маси зерна, що надійшло на I драну систему.

Баланс помелу на лабораторному млині «Nagema» з попереднім лушенням 4 % і без лушення представлений у таблицях 3.5 і 3.6 відповідно.

При розмелюванні попередньо лущеного зерна, як ми вже відзначали, змінюється характер крупоутворення в драному процесі.

З обліком, того, що питомий вміст оболонок у зерні низький, і зв'язки з ендоспермом ослаблені, на здрібнювання зерна потрібно менше енергії, наочним підтвердженням зазначеного є те, що вихід борошна 24 – 25 % на драних системах у випадку лушення досягається на чотирьох системах замість п'яти. У лущеному зерні порушена цілісність оболонок і їх зв'язок з ендоспермом, тому підвищується добротність, крупо-дунстових продуктів утворюється більше. Навіть при високих режимах здрібнювання крупоутворення завершується, в основному, першими двома системами.

Таблиця 3.5 – Кількісно-якісний баланс борошна при помелі зерна пшениці на розмельній установці «Nagema», лушеного на 4 %

Системи	Навантаження %	II др.с.	III др.с.	IV др.с.	V др.с.	I Шл.с.	1 р.с.	2 р.с.	3 р.с.	4 р.с.	5 р.с.	Борошно	Висівки
I ін.с.	100	60				24	4	2				10	
II ін.с.	60		32			13	6	2				7	
III ін.с.	37			29				1	2			5	
IV ін.с.	29								1	1		2	25
V ін.с.	-											-	
Разом др.												24	25
1 Шл.с.	37		5				18	5				9	
1 р.с.	28							4	6	1		17	
2 р.с.	14								1	2		11	
3 р.с.	10									3		7	
4 р.с.	7											3	4
5 р.с.	-											-	
Разом р.												47	4
Всього												71	29

У розмеленому процесі здрібнювання крупо-дунстових продуктів також відбувається з меншими витратами енергії й за рахунок цього, надається

можливість скорочення розмеленого процесу на одну систему, що пояснюється надходженням із драного процесу більш добротних продуктів.

Таблиця 3.6 – Кількісно-якісний баланс борошна при помелі на розмельній установці «Nagema» нелущеного зерна пшениці

Системи	Навантаження %	II др.с.	III др.с.	IV др.с.	V др.с.	1 Шл.с.	1 р.с.	2 р.с.	3 р.с.	4 р.с.	5 р.с.	Борошно	Висівки
I ін.с.	100	65				21	3	2				9	
II ін.с.	65		38			13	5	2				7	
III ін.с.	44			35				2	3			4	
IV ін.с.	35				30				1	2		2	
V ін.с.	30											3	27
Разом др.												25	27
1 Шл.с.	34		6				12	5				11	
1 р.с.	20							3	5	1		11	
2 р.с.	14								1	4		9	
3 р.с.	10									2	1	7	
4 р.с.	9										6	3	
5 р.с.	7											3	4
Разом р.												44	4
Всього												69	31

Отримані зразки борошна аналізували по органолептичних, фізико-хімічним показникам і показникам безпеки.

Запах і смак зразків борошна властиве нормальному борошну без хрускоту при розжовуванні. Зараженість і забруднення борошна шкідниками відсутні. По білизні, зольності, числу падіння, кількості і якості сирової клейковини в зразків приблизно однакові значення й відповідають показникам борошна вищого сорту.

Подібні результати отримані при помелі всіх партій пшениці, а також їх суміші із зерном тритикале.

3.7 Розробка технології підготовки й розмелу пшениці з попереднім лущенням

На підставі кількісно-якісного балансу помелу й аналізу отриманого борошна нами запропонована рекомендована технологічна схема підготовки (рисунок 3.9) і сортового помелу (рисунок 3.10) зерна пшениці з попереднім лущенням зерна.

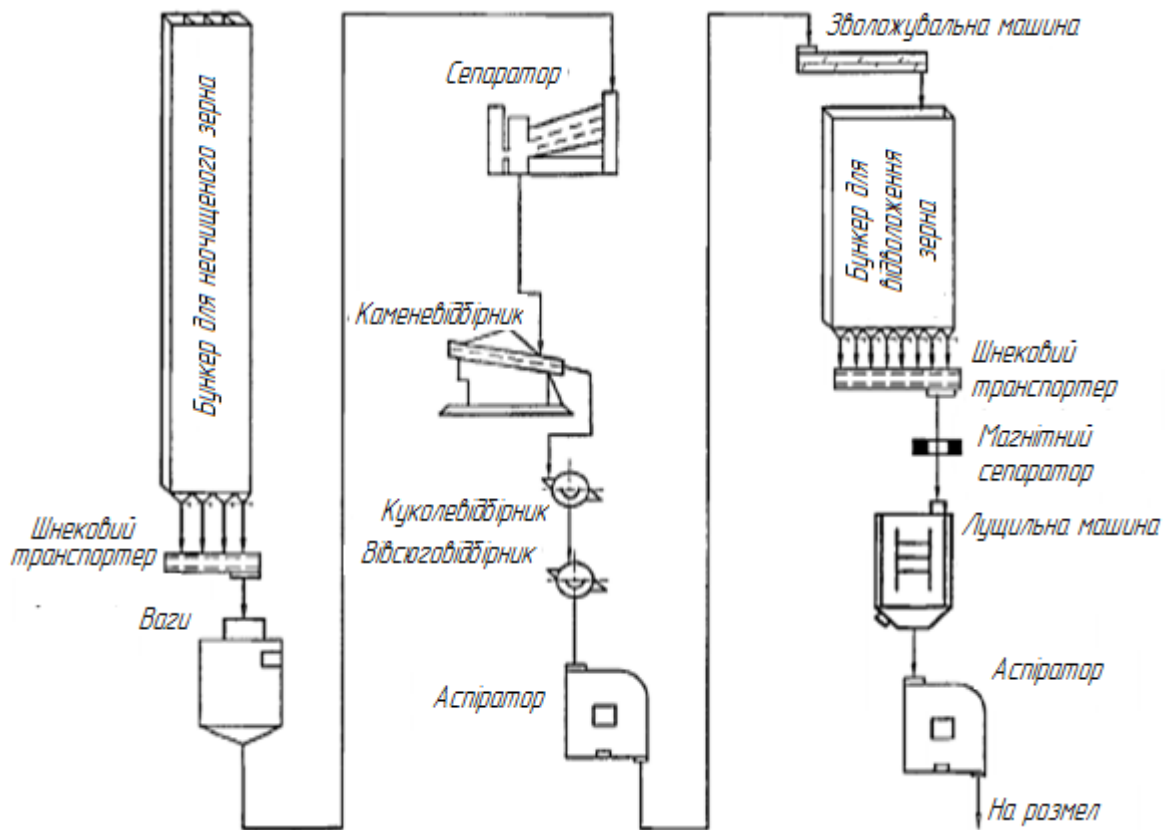


Рисунок 3.9 – Технологічна схема підготовки пшениці до помелу з попереднім лущенням

Особливістю технологічної схеми підготовки зерна до помелу з попереднім лущенням є застосування після першого відволоження абразивної луцильної машини, для зняття 4 – 5 % оболонок.

Пропонована технологічна схема помелу суттєво відрізняється від рекомендованої правилами організації й ведення помелу (класичної) [31]. А саме, драний процес організований на трьох системах здрібнювання, причому перша й друга драна система здійснюється без проміжного сортування продуктів здрібнювання (можна використовувати 8-й вальцевий верстат). Верхні сходові

продукти з розсівом другої і третьої драної системи направляються для помелу на бичеві машини, прохід сит яких просівають на відцентрових буратах. На цій стадії відбираються драні висівки.

Видалені крупочні продукти з I + II др.с. можна направити для додаткової обробки на ситовійні системи, проходом сит яких виходять готові до остаточного здрібнювання крупки й надходять на перші системи розмеленого процесу.

Внаслідок високої добротності продуктів з'являється можливість вести їхній розмел з підвищеною інтенсивністю, тому розмелений процес включає всього шість 6 систем замість 10 – 12 у класичному варіанті схеми помелу. Крім того, відпадає необхідність у шліфувальних системах.

Порівняльні характеристики пропонованої й класичної схем помелу представлено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Характеристика технологічної схеми помелу

Технологічна система	Зерно	
	Нелущене	Лущене
Системи здрібнювання:		
- драні	4 (6 систем)	3 (2 системи)
- шліфувальні	1 – 2	–
- розмелені	10 – 11 (12 – 14)	6 (5 систем)
Усього	16 – 20	9(7)
Сортувальні системи	3 – 4	–
Ситовійні системи	6 – 8	1

Її аналіз показує, що число систем здрібнювання скорочується приблизно в 2 рази, зменшується й потреба в ситовійних системах, внаслідок формування в драному процесі більш добротних крупок.

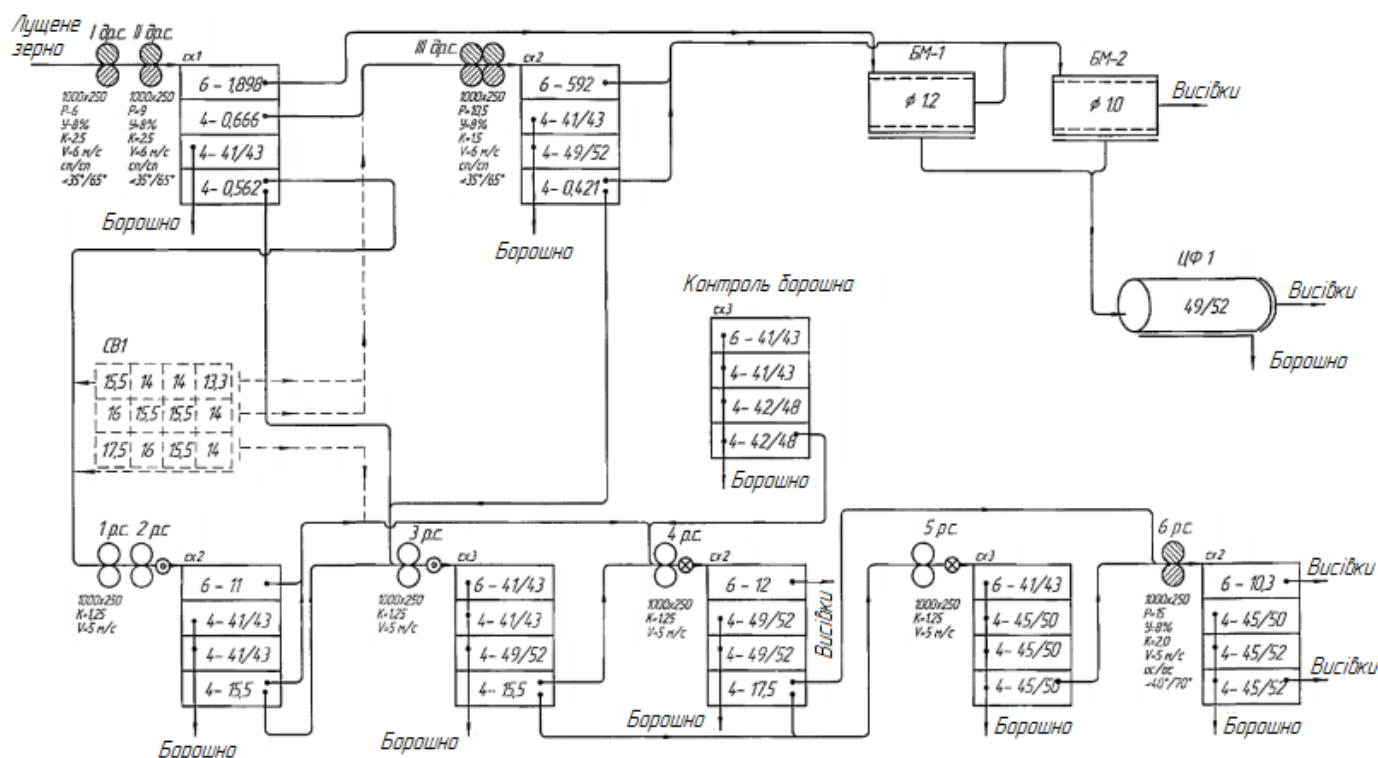


Рисунок 3.10 – Технологічна схема сортового помелу зерна пшениці з попереднім лущенням зерна.

У таблиці 3.8 наведений розрахунки потреби технологічного встаткування, для оснащення розмеленого відділення типового млина 120 т/доба. Дані наочно свідчать про перевагу пропонованої технології помелу.

Таблиця 3.8 – Потреба в технологічному встаткуванні для млина виробничою потужністю 120 т/добу

Найменування встаткування	Зерно	
	Нелущене	Лущене
Питоме навантаження на вальцеві, верстати (кг/см·добу)	70	90
Число вальцевих верстатів 800×250	10	5 – 6
Питоме навантаження на просіюючу поверхню (кг/м ² ·добу)	1800	1800
Число розсійників ЗРШ-4М	4	3
Число ситовійок	3 – 4	1*

* – при відборі манної крупи

3.8 Вплив лушення на газотвірну здатність борошна

Газоутворююча здатність пшеничного борошна є важливим показником, від якого залежить хід технологічного процесу, інтенсивність шумування, нагромадження продуктів шумування й утворення речовин, що обумовлюють смак і запах хліба.

Таблиця 3.9 – Порівняння газотвірної здатності

Час виміру, хв	Тривалість, год	Об'єм CO ₂ , мл	
		Нелущене	Лущене
0	1	0	0
15		27,93	37,85
30		34,24	37,85
45		37,85	37,85
60		37,85	38,74
75	2	40,55	42,35
90		44,15	49,56
105		44,15	45,05
120		27,03	27,03
135	3	13,52	18,02
150		10,81	12,61
165		9,91	10,81
180		8,11	10,81
195	4	8,11	9,01
210		8,11	9,01
225		6,31	9,01
240		5,41	8,11
255	5	4,50	7,21
270		4,50	7,21
285		4,50	6,31
300		3,60	6,31
Всього за 5 год		381,14	430,70
Всього за 5 год×4		1583,96	1722,79

Газоутворююча здатність борошна характеризується кількістю вуглекислого газу, яка виділяється тістом, змішаним з 100 г борошна вологістю 14 %, 60 мл води й 10 г пресованих дріжджів, протягом 5 годин.

Газоутворююча здатність тіста з борошна лушеного зерна суттєво вище, ніж з нелушеного зерна, так за 5 годин шумування тіста виділилися 1723 і 1584 мл газу, відповідно (рис. 3.11), це пов'язано з тим, що при лущенні борошно виходить більш тонко розмелене, у тонко розмеленому борошні ферментативні процеси розщеплення крохмалю й білків протікають легше, тому її газотвірна здатність вище.

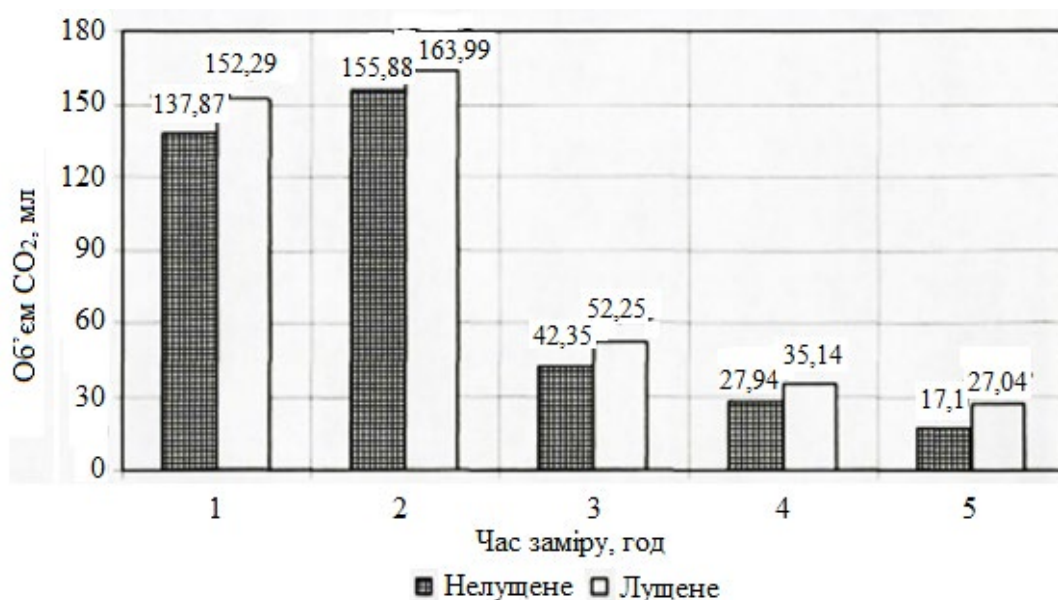


Рисунок 3.11 – Порівняння газотвірної здатності

Висновки до розділу

В даному розділі дипломної роботи було встановлено, що лущення зерна при підготовці до сортового помелу, слід проводити на луцильних машинах з абразивною робочою поверхнею після першого відволоження, при цьому кількість знятих оболонки повинне становити 4 – 5 %.

Ефект розклинюючої дії тонких шарів води (ефект Ребиндера), при початкових етапах зволоження має короточасну дію й може бути використаний

для пошарового зняття оболонок.

При видаленні 4 – 5 % оболонок помітно поліпшуються борошномельні властивості зерна, що приводить до підвищення витягу добротних продуктів вищої якості на перших системах драного процесу й наступному ефективному їхньому здрібнюванню на розмелених системах. При цьому вихід борошна зростає на 1 – 2 %, витрата енергії зменшується.

При видаленні 4 – 5 % оболонок поліпшуються реологічні властивості тіста, збільшується об'ємний вихід хліба.

Отримані позитивні результати при використанні пшениці зі слабкою клейковиною, що дозволяє використовувати його при формуванні помольної сумішей з високим технологічним і економічним ефектом, а також використовувати замість пшениці зі слабкою клейковиною зерно тритикале.

4 ВИРОБНИЧІ ВИПРОБУВАННЯ СОРТОВОГО ХЛІБОПЕКАРСЬКОГО ПОМЕЛУ ПШЕНИЦІ З ПОПЕРЕДНІМ ЛУЩЕННЯМ

Виробничі випробування сортового хлібопекарського помелу зерна пшениці з попереднім лущенням були проведені на мінімліні МВС-2 продуктивністю 2000 кг/добу в ТОВ «ЮОНА ГРУП» міста Дніпро.

Контрольний помел (без попереднього лущення) зерна проводили згідно з рекомендаціями «Правила організації й ведення технологічного процесу на борошномельних заводах». При дослідному помелі (з попереднім лущенням) у процесі підготовки зерна до помелу знімали 4 – 5 % оболонки.

Порівняльні помели проводилися при переробці зерна однакової якості: помольна партія включала два сорти ярової пшениці I типу IV підтипу III класу. При цьому помольна партія мала наступні основні показники якості: вологість – 13,0 %, скловидність 60 %, зольність – 1,69 %, кількість сирої клейковини – 28 %, якість клейковини – 65 у.о. ІДК, вміст бур'янистої домішки – 0,9%, зернової домішки 4 %.

У контрольному помелі зерно (рис. 4.1), подане пневмотранспортом із приймального бункера через магнітний апарат, проходить послідовно через пневмосепаратор, решітний сепаратор, кменевідбірник, трієр-куколевідбірник, оббивальну машину, де очищається відповідно від легких, великих, дрібних і мінеральних домішок, прилиплого бруду. Очищене зерно надходить у машину інтенсивного зволоження, потім переміщується у шнековому транспортері й направляється в відлежувальні бункери для відволоження протягом 10 – 12 годин. Після відволоження зерно подається шнековим транспортером через магнітний апарат у другу оббивальну машину й потім на пневмосепаратор, де остаточно очищається від легких домішок і надходить на I драгу систему вальцьового верстата розмеленого відділення. У розмеленому відділенні млина встановлено шість вальцьових верстатів, зерно й проміжні продукти переробляються на трьох драгах й трьох розмелених системах. СОРТУВАННЯ продуктів розмелу здійснюється на високопродуктивному шестисекційному розсіві, у кожній секції якого

встановлені також сита для контролю борошна, що забезпечують його високу якість; готова продукція через магнітні апарати надходить у бункери для борошна й висівок.

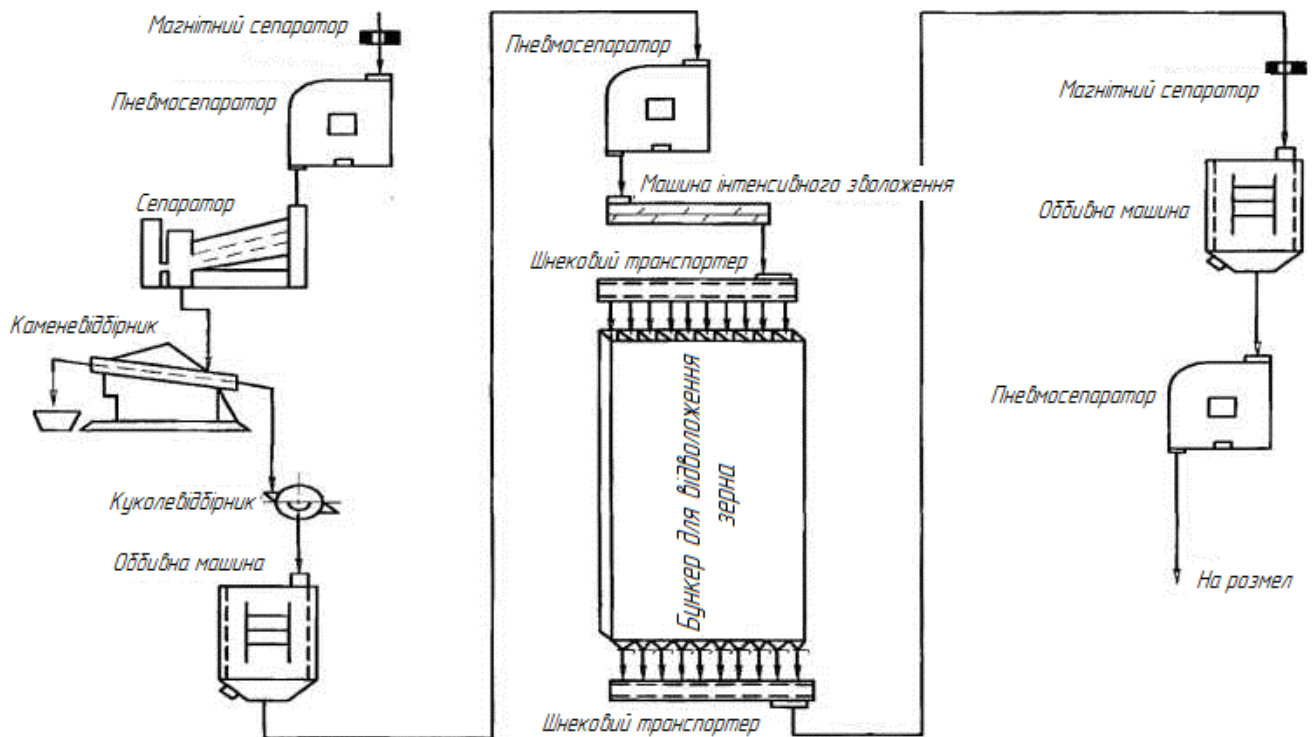


Рисунок 4.1 – Схема технологічного процесу підготовки зерна до помелу млина МВС-2

У дослідному млині очищене зерно зволожили на 3 % і відволожували протягом 24 годин, після чого замість другої оббивальної машини направляли в луцильні машини, де знімали 4 – 5 % оболонок, продукти луцення направляли на пневмосепаратор, де відокремлювали від зернової маси оболонки.

Результати порівняльних помелів оцінювали на підставі кількісно-якісного балансу борошна по системах і по сумарному виходу й зольності готової продукції. Крім того, реєстрували й записували час, витрачений на помел партій зерна.

У результаті порівняльних випробувань встановлено наступне:

- зольність зерна в результаті луцення знизилася в середньому на 0,1 %;
- по даним кількісно-якісного балансу борошна по системах, загальний вихід борошна в дослідному помелі склав 67,8 %, при контрольному 66,0 %;
- вихід борошна вищого сорту в дослідному помелі склав 34,5 % із

зольністю 0,53 %, при контрольному 30 % із зольністю 0,54 %;

- вихід борошна першого сорту в дослідному помелі склав 33,3 % із зольністю 0,72 %, при контрольному 36 % із зольністю 0,71 %;

- на помел 10 тон зерна при контрольному помелі йшло 5 годин 30 хвилин, а в дослідному 4 години й 40 хвилин.

Фактична продуктивність млина збільшилася на 15 %, а сумарна витрата електроенергії знизилася на 1,25 %.

Отримані дані узгодяться з результатами лабораторних помелів. У результаті даних, отриманих при виробничих випробуваннях, слід уважати, що помел пшениці із луценням має більш високу ефективність, ніж традиційні методи помелу зерна.

Висновки до розділу

В даному розділі дипломної роботи було опрацьовано результати виробничих випробувань досліджуваної технології помелу зерна пшениці. У результаті порівняльних випробувань встановлено наступне:

- зольність зерна в результаті луцення знизилася в середньому на 0,1 %;
- по даним кількісно-якісного балансу борошна по системах, загальний вихід борошна в дослідному помелі склав 67,8 %, при контрольному 66,0 %;

- вихід борошна вищого сорту в дослідному помелі склав 34,5 % із зольністю 0,53 %, при контрольному 30 % із зольністю 0,54 %;

- вихід борошна першого сорту в дослідному помелі склав 33,3 % із зольністю 0,72 %, при контрольному 36 % із зольністю 0,71 %;

- на помел 10 тон зерна при контрольному помелі йшло 5 годин 30 хвилин, а в дослідному 4 години й 40 хвилин.

Фактична продуктивність млина збільшилася на 15 %, а сумарна витрата електроенергії знизилася на 1,25 %.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка карти безпеки праці

Створення карток безпеки працівників на великих млинах, таких як ті, що експлуатуються ТОВ «ЮОНА ГРУП», є важливим кроком у забезпеченні безпеки праці на робочому місці. «Основне завдання карти безпеки – надати працівникам необхідну інформацію про потенційні ризики, з якими вони можуть зіткнутися під час роботи на млині, та заходи безпеки, яких необхідно дотримуватися» [35].

Основні елементи, які можуть бути включені в карту безпеки для працівників борошномельного підприємства, показані на рисунку 5.1.

<p>1. Загальна інформація</p> <p>Дана картка безпеки праці розроблена для робітників підготовчого відділення борошномельного підприємства.</p> <p>Важливо! Обов'язково ознайомитись з інформацією цієї картки перед виконанням робіт.</p>	<p>2. Опис робочого місця</p> <p>Посада: апаратник зерноочисного відділення. Місце роботи: Цех очищення зерна від домішок, сепараторний поверх (6-й поверх, млинцех №2). Робочий час: 1 зміна (8:00-20:00) 2 зміна (20:00-8:00)</p>
<p>3. Заходи безпеки</p> <p>До роботи допускаються особи, що досягли 18-річного віку та пройшли відповідний інструктаж з ОП і медичний огляд.</p> <p>Заборонено приступати до роботи в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння. В разі поганого самопочуття негайно повідомити майстра цеху.</p> <p>Уважно готувати робоче місце, дотримуватись правил охорони праці. Обов'язково використовувати засоби індивідуального захисту при виконанні робіт з налагодженням роботи сепаратора</p>	
<p>4. Надзвичайні ситуації</p> <p>1) Пожежа: негайно повідомити про це відповідні служби та натиснути на пожежну сигналізацію. Використовувати вогнегасник або інші засоби пожежогасіння, якщо ви натрапили на невелике загоряння та можете безпечно його загасити.</p> <p>2) Аварія: негайно повідомити про це відповідні служби та керівництво. Уникайте зони аварії та слідуйте вказівкам служб безпеки.</p> <p>3) Травма: негайно повідомити про це відповідні служби та керівництво. Зверніться до медичного працівника або запросіть медичну допомогу, якщо потрібно.</p>	
<p>5. Потенційні ризики</p> <p>а) зерновий пил, б) можливість травмування внаслідок дії рухомих частин обладнання, в) ризик пожежі.</p>	<p>6. Контакти екстрених служб</p> <p>Черговий: вн.т. 42-78-15 Пожежна служба: 101 Екстрена медична допомога: 103 Служба екстреної допомоги: 112</p>

Рисунок 5.1 – Картка безпеки праці працівника цеху з виробництва борошна ТОВ «ЮОНА ГРУП»

Щоб забезпечити безпеку на комбінаті та запобігти потенційним небезпекам, важливо, щоб кожен працівник знав інструкцію з техніки безпеки та дотримувався всіх інструкцій і правил.

Фінансування заходів з охорони праці та безпеки здійснюється за рахунок компанії. Кошти витрачаються на заміну протипожежного обладнання, засобів індивідуального захисту та спецодягу, а також на навчання працівників безпечним умовам праці. Для забезпечення належного функціонування цієї служби виділяється 0,5% від загального фонду заробітної плати.

5.2 Утилізація відходів виробництва борошно

Виробничі процеси на борошномельних підприємствах мають значний вплив на навколишнє середовище. Цей вплив можна охарактеризувати такими основними елементами, як забруднення повітря пилом і токсичними речовинами, забруднення зернових продуктів, викиди стічних вод і виробничий шум.

Одним з найважливіших завдань в системі природоохоронних заходів ТОВ «ЮОНА ГРУП» є забезпечення чистоти повітря, оскільки саме забруднення повітря є основною загрозою.

Значна кількість мінерального та органічного пилу утворюється під час процесів очищення зерна від домішок та хімчистки поверхонь, а також під час транспортування зерна. Пил також утворюється при розмелі та сепарації зерна і проміжних продуктів, частина цього пилу може містити цінні високобілкові фракції борошна, втрата яких неприпустима. Щоб пил не потрапляв в атмосферу і не забруднював навколишнє середовище, на млині встановлена аспіраційна система, яка всмоктує пил з усіх точок викидів. Повітря надійно очищають циклони та фільтри різних конструкцій.

Транспортні комунікації на млиновому заводі ТОВ «ЮОНА ГРУП» мають мінімальну довжину з мінімальною кількістю перевантажувальних пунктів. Оскільки виробниче обладнання розташоване всередині заводу, доступ до нього для технічного обслуговування та видалення пилу є зручним. Навантаження на

обладнання відповідає виробничим даним, нормам технологічного проектування, а також технічним регламентам організації та виконання технологічних процесів. Обладнання підтримується в технічно справному стані під час експлуатації та безперебійної роботи до проведення планового технічного обслуговування.

Для транспортування промислових відходів використовуються самохідні транспортні засоби, стрічкові конвеєри та пневмотранспорт. Стрічкові конвеєри, зокрема, експлуатуються на низьких швидкостях (нижче 1,0 – 1,5 м/с) для мінімізації викидів пилу.

У приміщеннях використовуються гладкі поверхні стін, стель, несучих конструкцій, дверних заповнень і підлог. Це полегшує видалення пилу. Усі виробничі та складські приміщення, технічне обладнання та устаткування утримуються в чистоті.

Природоохоронні заходи ТОВ «ЮОНА ГРУП» в основному спрямовані на створення здорових і, перш за все, безпечних умов праці та побуту для своїх працівників, що є важливим фактором підвищення продуктивності праці.

Висновки до розділу

Підготовлено картки з охорони праці для працівників цеху підготовки лінії виробництва борошна ТОВ «ЮОНА ГРУП». Було відмічено, що фінансування заходів з охорони праці здійснюється за рахунок компанії. Кошти були витрачені на оновлення засобів пожежогасіння, засобів індивідуального захисту та спецодягу, а також на навчання працівників безпечним умовам праці.

Природоохоронні заходи ТОВ «ЮОНА ГРУП!» в основному спрямовані на створення здорових і, перш за все, безпечних умов праці та побуту для працівників, що є важливим фактором підвищення продуктивності праці.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організація проведення дослідження

Ефективне очищення було й залишається головним завданням при переробці зерна, особливо гостро ця проблема стосується млинів малої продуктивності. Вважається, що загальна ефективність виробництва борошна більш ніж на 50 % визначається правильністю організації й ведення технологічних операцій підготовки зерна. Ми пропонуємо своїми пропозиціями підвищити ефективність уже існуючих малих підприємств по переробці зерна. Робота з підвищення якості й виходу борошна високих сортів повинна вестися по декільком напрямкам:

- лущення зерна на 4 – 5 %, що повинне сприяти до підвищення вилучення добротних продуктів високої якості на системах драного процесу й наступному ефективному їхньому здрібнюванню в розмеленому процесі, а також збільшенню виходу борошна;

- крім того, вимагає вирішення проблема раціонального використання зерна різної технологічної характеристики: сильної пшениці, ресурси якої обмежені, з одного боку, і зерна малоцінного – нижчих класів, з невисоким вмістом клейковини, з іншої сторони.

Отже, завдання інтенсифікації підготовки зерна для млинів малої продуктивності й науковий пошук по цих двом проблемам являє собою актуальне завдання.

Тому метою економічних розрахунків, проведених для визначення ефективності роботи, є оцінка отриманих результатів та доцільності реалізації проекту для пошуку способів інтенсифікації підготовки зерна пшениці до переробки в борошно.

Структура дослідження включає складання переліку завдань, визначення їх взаємозв'язку та тривалості, створення мережевої програми, визначення критичного шляху та розрахунок кошторису витрат на проведення експерименту.

Перелік робіт, передбачений ходом дослідження з обґрунтування способів інтенсифікації підготовки зерна пшениці до переробки в борошно, наведений у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1-2	Вибір запропонованого напрямку наукових досліджень	2
2-3	Літературний пошук та написання літературного огляду	21
3-4	Розробка послідовності науково-дослідних робіт	4
4-5	Розробка методик проведення наукових досліджень	3
5-6	Підготовка дослідних зразків зерна пшениці	2
6-7	Підготовка експериментального обладнання	15
7-8	Визначення якості дослідних зразків зерна пшениці	2
7-9	Визначення впливу луцення на хлібопекарські властивості борошна	3
7-10	Визначення впливу луцення на реологічні властивості борошна	4
8-11	Обробка результатів експериментальних дослідження	1
9-11		1
10-11		1
11-12	Підготовка матеріалу для публічного оприлюднення	7
12-13	Оформлення публікації за результатами досліджень	4

Відповідно до плану дослідження створюється мережевий графік. Це графічна модель, яка показує завдання і процеси, що мають бути виконані на окремих етапах, і дозволяє визначити найкращий спосіб реалізації шляхом розрахунків. На етапі реалізації мережевий графік дає змогу швидко керувати ходом робіт (рис. 6.1).

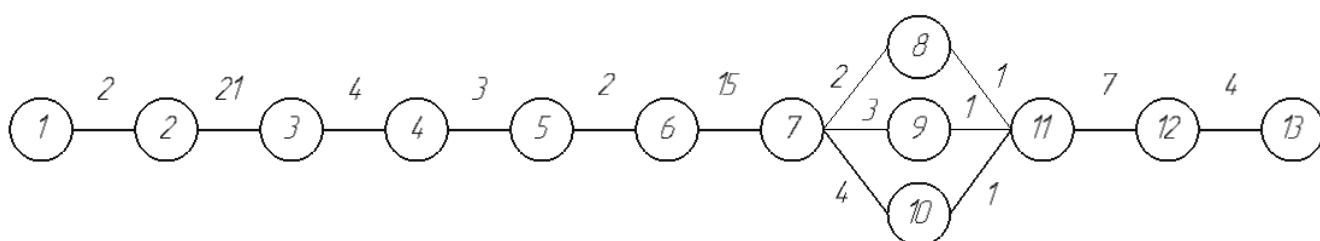


Рисунок 6.1 – Мережевий графік проведення НДР

За допомогою мережевого графіка знаходимо повний шлях (безперервний період діяльності від першої події до останньої).

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-11-12-13}^1 = 2 + 21 + 4 + 3 + 2 + 15 + 2 + 1 + 7 + 4 = 61;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-11-12-13}^2 = 2 + 21 + 4 + 3 + 2 + 15 + 3 + 1 + 7 + 4 = 62;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-11-12-13}^3 = 2 + 21 + 4 + 3 + 2 + 15 + 4 + 1 + 7 + 4 = 63;$$

Шляхи з максимальною тривалістю називаються критичними. У нашому випадку третій шлях тривалістю 63 дні є критичним.

6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Вартість витрати на матеріали (основні та побічні) розраховують за формулою:

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (6.1)$$

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_i – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку приведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Вартість та кількість основних матеріалів

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Зерно пшениці, кг	100	5,30	530,00
Всього			530,00

Результати розрахунку заробітної плати учасників наукових досліджень наведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Результати розрахунку витрат на оплату праці

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Керівник НДР	8000	47,62	20	952,40
Всього				952,40

Нарахування на заробітну плату складають:

$$H = \frac{952,40 \cdot 22}{100} = 209,53 \text{ грн.}$$

Витрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (6.2)$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

K – коефіцієнт використання потужності ($K = 0,9$);

T – час роботи на установці, год;

a – тариф за електроенергію, грн/(кВт/год).

Затрати енергії на привід луцильної машини:

$$E_{л.м.} = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 1,68 = 53,22 \text{ грн.}$$

Витрати електроенергії на роботу подрібнювача зерна:

$$E_{н.з.} = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 1,68 = 36,29 \text{ грн.}$$

Витрати електроенергії на персональний комп'ютер:

$$E_{н.к.} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 312 \cdot 1,68 = 566,09 \text{ грн.}$$

Загальні витрати електроенергії складуть:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{л.м.}} + E_{\text{п.з.}} + E_{\text{п.к.}} = 53,22 + 36,29 + 566,09 = 655,60 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на обладнання, розраховуємо за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (6.3)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість устаткування, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

12 – кількість місяців у році.

Результати розрахунків витрат на амортизаційні відрахування наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Луцильна машина	6670,50	20	2	7,31
Подрібнювач зерна	9600,40	20	2	10,52
Персональний комп'ютер	10400,00	20	39	222,25
Всього				240,80

Накладні витрати становлять:

$$\frac{(952,40 \cdot 80)}{100} = 761,92 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	530,00
Заробітна плата	952,40
Нарахування на заробітну плату	209,53
Електроенергія	655,60
Амортизація	240,08
Накладні витрати	761,92
Всього	3349,56

Аналіз показав, що на першому місці стоять витрати на заробітну плату і накладні витрати.

6.3 Розрахунок вартості дослідження

Ціну досліджень визначаємо за формулою:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.4)$$

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

P – нормативна рентабельність ($P = 30$), %.

$$Ц = 3349,56 + \frac{30 \cdot 3349,56}{100} = 4354,43 \text{ грн.}$$

Ціна досліджень складає 4354,43 грн.

Висновки до розділу

Протягом досліджуваного періоду найбільшими статтями витрат були заробітна плата і накладні витрати, які склали 952,40 грн. і 761,92 грн. відповідно. З урахуванням нормативної рентабельності в 30и%, загальна вартість дослідження склала 4354,43 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Теоретично обґрунтована й практично розроблена оригінальна технологічна схема сортового помелу з попереднім луценням зерна, що включає інтенсивне очищення від домішок, одноетапну ГТО й розмел зерна.

Встановлено, що луцення зерна при підготовці до сортового помелу, слід проводити на луцильних машинах з абразивною робочою поверхнею після першого відволоження, при цьому кількість знятих оболонки повинне становити 4 – 5 %.

Доведено експериментально, що при видаленні 4 – 5 % оболонки помітно поліпшуються борошномельні властивості зерна, що приводить до підвищення витягу добротних продуктів високої якості на перших системах драного процесу й наступному ефективному їхньому здрібнюванню на розмелених системах. При цьому вихід борошна зростає на 1 – 2 %, витрата енергії зменшується. При видаленні 4 – 5 % оболонки поліпшуються реологічні властивості тіста, збільшується об'ємний вихід хліба.

Отримані позитивні результати при використанні пшениці зі слабкою клейковиною, що дозволяє використовувати його при формуванні помельної сумішей з високим технологічним і економічним ефектом, а також використовувати замість пшениці зі слабкою клейковиною зерно тритикале.

У результаті виробничих випробувань встановлено наступне:

- зольність зерна в результаті луцення знизилася в середньому на 0,1 %;
- по даним кількісно-якісного балансу борошна по системах, загальний вихід борошна в дослідному помелі склав 67,8 %, при контрольному 66,0 %;
- вихід борошна вищого сорту в дослідному помелі склав 34,5 % із зольністю 0,53 %, при контрольному 30 % із зольністю 0,54 %;
- вихід борошна першого сорту в дослідному помелі склав 33,3 % із зольністю 0,72 %, при контрольному 36 % із зольністю 0,71 %;
- на помел 10 тон зерна при контрольному помелі йшло 5 годин 30 хвилин, а в дослідному 4 години й 40 хвилин.

Фактична продуктивність млина збільшилася на 15 %, а сумарна витрата електроенергії знизилася на 1,25 %.

Протягом досліджуваного періоду найбільшими статтями витрат були заробітна плата і накладні витрати, які склали 952,40 грн. і 761,92 грн. відповідно. З урахуванням нормативної рентабельності в 30 %, загальна вартість дослідження склала 4354,43 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Моргун В.О. Кількісно-якісні показники борошна обдирного 87 % - ного помелу зерна жита / В.О. Моргун, Л.Я. Ковтун // Зернові продукти та комбікорми. 2007. №2. С.22-24.
2. Моргун В.О. Підвищення загального виходу муки 87%-ного помелу жита / В.О. Моргун, Л.Я. Ковтун // Хранение и переработка зерна. 2007. №10. С. 25-26.
3. Моргун В.О. Розробка нового сорту житнього борошна / В.О. Моргун, Л.Я. Ковтун // Наук. пр. ОНАХТ. Вип. 31. Т.2. Одеса: ОНАХТ, 2008. С. 36-39.
4. Моргун В.О. Житнє борошно підвищеного виходу з попереднім подрібненням / В.О. Моргун, Л.Я. Ковтун // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. 2009. № 3. С.14-16.
5. Kovaliova O., Pivovarov O., Koshulko V. Study of hydrothermal treatment of dried malt with plasmochemically activated aqueous solutions // Food science and technology. 2020. Vol. 14, Issue 3. P. 113-121 DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v14i3.1799>.
6. Pivovarov O., Kovaliova O. Features of grain germination with the use of aqueous solutions of fruit acids // Food Science and Technology. 2019. Volume 13 Issue 1. P.83-89. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v13i1.1334>
7. Півоваров, О. А. Вплив плазмохімічно обробленої води на процес Рощення житнього солоду і його якісні показники. Харчова наука і технологія 3 (2013): 82-86.
8. Півоваров О.А., Ковальова О.С. Сучасні методи інтенсифікації солодощення: монографія // О.А. Півоваров, О.С. Ковальова. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2020. 242 с.
9. Kumar J.P. Production of industrially important enzymes by some actinomycetes producing antifungal components / J.P. Kumar, J. Richa, P.C. Jain // Hindustan Antibiot. Bull. 2003-2004. V. 45-46. P. 29-33.

10. Salazar O. Enzymatic lysis of microbial cells / O. Salazar, J. Asenjo // *Biotechnology letters*. 2007. V. 29, № 7. P. 985-994.
11. Mala B. Molecular and Biotechnological aspects of microbial proteases / B. Mala, M. Aparna, S. Mohini [et al.] // *Microb. and Molec. Biology Reviews*. 1998. V. 62, № 3. - P. 597-635.
12. Hash H. Purification and properties of staphylolytic enzymes from *Chalaropsis* sp. // From the Biochemical Research Section, Lederle Laboratories Division: New York, USA. 2004. P. 83.
13. Fujii M. Synergism of α -amylase and glucoamylase on hydrolysis of native starch granules / M. Fujii, T. Homma, M. Taniguchi // *Biotechnology and Bioengineering*. 1988. Vol. 32, Issue 7. P. 910–915.
14. Verwimp Tiny Isolation and characterisation of rye starch. *Journal of cereal science* 39.1 (2004): 85-90.
15. Gomand, S. V. Structural and physicochemical characterisation of rye starch. *Carbohydrate research* 346.17 (2011): 2727-2735.
16. Schierbaum Friedrich. Studies on rye starch properties and modification. Part I: Composition and properties of rye starch granules. *Starch-Stärke* 43.9 (1991): 331-339.
17. Mihhalevski Anna. Structural changes of starch during baking and staling of rye bread. *Journal of agricultural and food chemistry* 60.34 (2012): 8492-8500.
18. Radosta, S., Kettlitz, B., Schierbaum, F., & Gernat, C. Studies on rye starch properties and modification. Part II: Swelling and solubility behaviour of rye starch granules. *Starch-Stärke*, 44(1), 1992. 8-14.
19. Buksa Krzysztof. Extraction and characterization of rye grain starch and its susceptibility to resistant starch formation. *Carbohydrate polymers* 194 (2018): 184-192.
20. Buksa, K., Nowotna, A., Praznik, W., Gambuś, H., Ziobro, R., & Krawontka, J. The role of pentosans and starch in baking of wholemeal rye bread. *Food Research International*, 43(8), 2010. 2045-2051.
21. Nguyen, S. N., Drawbridge, P., & Beta, T. Resistant Starch in Wheat-, Barley-, Rye-, and Oat-Based Foods: A Review. *Starch-Stärke*, 75(9-10), 2023. 2100251.

22. Bederska-Łojewska, D., Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., & Schwarz, T. Rye non-starch polysaccharides: their impact on poultry intestinal physiology, nutrients digestibility and performance indices—a review. *Annals of Animal Science*, 17(2), 2017. 351-369.
23. Autio, Karin, and Ann-Charlotte Eliasson. Rye starch. *Starch*. Academic Press, 2009. 579-587.
24. Міждержавний стандарт 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови». К. : Держспоживстандарт України, 2006. 14 с.
25. Національний стандарт ISO 6820:2004. Борошно пшеничне та житнє. Загальні настанови щодо розроблення хлібопекарських випробувань (ISO 6820-1985, IDT) / Л... Гуленко (пер.і наук.-техн.ред.). - Офіц. вид - К. : Держспоживстандарт України, 2006. - IV, 6с.
26. Батуріна А. П. Експертиза товарів: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] / А. П. Батуріна, І. В. Ємченко. К. : Центр навчальної літератури, 2004. 320 с.
27. Бабюк А.В. Безпека харчування: сучасні проблеми./ О.В.Макарова, Л.В. Рогозинський, О.Є Федорова. Посібник-довідник. Чернівці: Книги ЧЧІ, К.: 2005. 456с
28. Домарецький В. А. Технологія харчових продуктів: підруч. / В. А. Домарецький, А. І. Українець. Київ: НУХТ, 2003. 768 с.
29. Назаренко В. О., Юдічева О. П., Жук В. А. Формування якості товарів. Частина 1. Навчальний посібник. К.: Центр учбової літератури, 2012. – 386 с.
30. Основи фізіології харчування : підручник / Н. В. Дуденко, Л.Ф. Павлоцька, В. С. Артеменко, М. В. Кривонос, І. С. Кратенко. Х. :Торнадо, 2003. 407 с.
31. Одарченко М.С. Основи охорони праці: підручник. Х.: СтилІздат, 2017. 334 с.
32. Павленко О.С. Методичні рекомендації до виконання розділу «Організаційно-економічна частина» дипломної роботи для здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Харчові технології» зі спеціальності

181 «Харчові технології» денної та заочної форми навчання. Дніпро: ДДАЕУ. 2020. 40 с.

33. Мерко І.Т. Наукові основи і технологія переробки зерна: підручник для студентів вищих навчальних закладів / І.Т. Мерко, В.О. Моргун. Одеса: Друк, 2001. 348 с.

34. ДСТУ 4522:2006. Жито. Технічні умови. К: Держспоживстандарт України, 2006. 14 с.

35. Рослинництво. Навчальний посібник з дисципліни «Рослинництво» для студентів галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» спеціальності 201 «Агрономія» першого бакалаврського рівня / Мазур В.А., Поліщук І.С., Телекало Н.В., Мордванюк М.О // Вінниця: Видавництво ТОВ «Друк». 2020. 352 с.

36. Подпратов Г.І., Рожко В.І., Скалецька Л.Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. К. : Аграрна освіта, 2014. 393 с.

37. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. К.: ВПОЛ, 1998. 148 с.

38. Технологія зберігання і переробки зерна : навч. посіб. /Л.М. Пузік, В.К. Пузік; Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. – Х.: ХНАУ, 2013. 312с

39. Авраменко С. Новітні аспекти вирощування жита озимого / С. Авраменко, М. Цехмейструк, О. Глибокий, В.Шелякін // Агробізнес сьогодні, - 2011.- № 17(216). Режим доступу: agro-business.com.ua.

40. Дудяк І. Д., Туз М. С. Технологія виробництва борошна, круп і комбікорму : методичні рекомендації щодо виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти ступеня «магістр» спеціальності 201 «Агрономія» денної форми навчання. Миколаїв, 2015. 139 с.

41. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.

42. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні методи визначення показників якості зерна: Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 325 с.

43. Ainhoa Vicente, Marina Villanueva, Pedro A. Caballero, José María Muñoz, Felicidad Ronda, Buckwheat grains treated with microwave radiation: Impact on the techno-functional, thermal, structural, and rheological properties of flour, *Food Hydrocolloids*, Volume 137, 2023, 108328, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108328>.
44. Pivovarov O., Kovalova O., Koshulko V., Aleksandrova A. Study of use of antiseptic ice of plasma-chemically activated aqueous solutions for the storage of food raw materials. *Food science and technology*. 2021. Vol. 15, Issue 4. P. 95-105. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i4.2260>
45. Hu, Q., He, Y., Wang, F. et al. Microwave technology: a novel approach to the transformation of natural metabolites. *Chin Med* 16, 87 (2021). <https://doi.org/10.1186/s13020-021-00500-8>.
46. Kovalova, O., Vasylieva, N., Haliasnyi, I., Gavrish, T., Dikhtyar, A., Andrieieva, S., Didukh, N., Balandina, I., Obolentseva, L., Hirenko, N. (2023). Development of buckwheat groats production technology using plasma-chemically activated aqueous solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (11 (126)), 59–72. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290584>
47. Ekezie, Flora-Glad & Sun, Da-Wen & Han, Zhang & Cheng, Jun-Hu. (2017). Microwave-assisted food processing technologies for enhancing product quality and process efficiency: A review of recent developments. *Trends in Food Science & Technology*. 67. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.014>.
48. Aliiev Elchyn, Gavrilenko Alexander, Tesliuk Hennadii, Tolstenko Alexander, Koshul'ko Vitaliy (2019). Improvement of the sunflower seed separation process efficiency on the vibrating surface. *acta periodica technologica (APTEFF)*, 50, 12–22. DOI:<https://doi.org/10.2298/APT1950012A> (Scopus).
49. Верещинский О.П. Наукові основи і практика підвищення ефективності сортових хлібопекарських помелів пшениці: дис. ... д-ра техн. наук / О.П. Верещинский. – Київ: НУХТ, 2014. – 388 с.
50. Nykyforov, A., Antoshchenkov, R., Halych, I., Kis, V., Polyansky, P., Koshulko, V., Tymchak, D., Dombrovska, A., Kilimnik, I. (2022). Construction of a

regression model for assessing the efficiency of separation of lightweight seeds on vibratory machines involving measures to reduce the harmful influence of the aerodynamic factor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (116)), 24–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253657> (Scopus).

51. Експертиза та контроль якості продуктів харчування: Навчально-методичний посібник з напрямку підготовки «Ветеринарна медицина» / П.М. Гаврилін, О.Г. Прокушенкова, В.Г. Єфімов [та ін.]. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2012. 200 с.

52. ДСТУ 4161-2003. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги.

53. Богомолів О.В. Управління якістю переробних і харчових виробництв/ О.В. Богомолів, О.І. Шаповаленко, О.М. Сафонова, [та ін.]: Навч. посібник. Харків: «Еспада». 2006. 296с.

54. Маковецька Ю. Сучасне керування відходами відповідно до принципів циркулярної економіки. Посібник курсу ZWA deep level, 2021. 140 с. Режим доступу: <https://zerowastekharkiv.org.ua/wp-content/uploads/2021/12/posybnic-lekciye-book-5.pdf>.