

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет

ННІ зернового, переробного і хлібопекарського бізнесу ім. К.А. Богомаза
Кафедра Технології зернових продуктів, хліба і кондитерських виробів
Ступінь вищої освіти «Магістр»
Спеціальність 181 «Харчові Технології»
Освітня програма Технології зберігання і переробки зерна



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему «Формування сорту борошна для круасанів»

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувач

Орден Є.О.

(прізвище, ініціали)

2 курсу ТЗХ-61 групи

Керівник

д.т.н. Волошенко О.С.

(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: д.т.н. Басюркіна Н.Й.

(посада, прізвище та ініціали)

(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 2024 р., протокол № ____.

Завідувач(ка) кафедри ТЗПХіКВ

(назва кафедри)

_____ (підпис)

Дмитро ЖИГУНОВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ННІ Зернового, переробного і хлібопекарського бізнесу ім. К.А. Богомаза
Кафедра Технології зернових продуктів, хліба і кондитерських виробів
Ступінь вищої освіти «Магістр»
Спеціальність 181 «Харчові Технології»
Освітня програма Технології зберігання і переробки зерна

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ТЗПХіКВ
Дмитро ЖИГУНОВ
« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Орден Євген Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Формування сорту борошна для круасанів
керівник проекту (роботи) д.т.н. Волошенко О.С.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу
від “05” лютого 24 р., № 78-03
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 06.12.2024 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали наукових досліджень.
Каталоги технологічного обладнання.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Стан проблеми та перспективи її вирішення. Техніко-економічне обґрунтування. Характеристика технологічних об'єктів та комунікацій генерального плану підприємства. Наукова частина. Технологічна частина. Техніко-економічні показники проекту.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Стандартні та розширені показники якості борошна. Показники тесту SRC та альвеографу. Схема технологічного процесу підготовчого відділення. Схема технологічного процесу розмелювального відділення. Кількісний баланс переробки. Основні техніко-економічні показники підприємства та інвестиційного проекту.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

РОЗДІЛ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
ТЕО, ТЕП	Басюркіна Н.Й., проф., д.е.н.		

7. Дата видачі завдання _____ 25.09.2024 р. _____

Керівник _____

(підпис)

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

(ПІБ)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітка
1.	СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ	25.09-26.09	виконано
2.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	27.09-03.10	виконано
3.	ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА КОМУНІКАЦІЙ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ПІДПРИЄМСТВА	04.10-06.10	виконано
4.	НАУКОВА ЧАСТИНА	07.10-03.11	виконано
5.	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	04.11-25.11	виконано
6.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	26.11-01.12	виконано
7.	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	02.12-03.12	виконано

Здобувач-дипломник _____

(підпис)

(ПІБ)

Керівник _____

(підпис)

(ПІБ)

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ. Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник _____

(підпис)

(ПІБ)

АНОТАЦІЯ

на кваліфікаційну роботу на тему
«Формування сорту борошна для круасанів»

Здобувач	<u>Орден Є. О.</u>
Керівник	<u>к.т.н. Волошенко О. С.</u>
Освітній ступінь	<u>«Магістр»</u>
Спеціальність	<u>181 «Харчові технології»</u>
Освітня програма	<u>Технології зберігання і переробки зерна</u>

Актуальність теми: Сьогодні асортимент виробів із борошна надзвичайно різноманітний, і кожен вид продукції вимагає використання борошна зі специфічними характеристиками. Для виготовлення круасанів необхідне борошно з високими технологічними параметрами, які забезпечують формування стабільного і пластичного тіста, здатного витримувати ламінування, а також створюють умови для правильного підйому тіста під час випікання. Досягти таких властивостей муки можна на етапі її виробництва шляхом ретельного підбору та змішування потоків на млині, що дозволяє отримати кінцевий продукт із заданими параметрами якості.

Мета роботи: Провести наукові дослідження з показників якості борошна різних виробників для обрання зразку борошна для круасанів та спроектувати схему технологічного процесу з переробки пшениці у борошно.

Практичне значення отриманих результатів: Результати можуть бути використані у борошномельній промисловості України при будівництві нових або реконструкції діючих підприємств.

Структура роботи: анотація; зміст; вступ; розділ 1 «Стан проблеми та перспективи її вирішення»; розділ 2 «Техніко-економічне обґрунтування»; розділ 3 «Характеристика технологічних об'єктів та комунікацій генерального плану підприємства»; розділ 4 «Наукова частина»; розділ 5 «Технологічна частина»; розділ 6 «Техніко-економічні показники»; висновки та рекомендації; список літератури; графічні додатки.

Обсяг роботи: пояснювальна записка викладена на 91 сторінках, включає 25 таблиць. Графічна частина включає 6 листів.

Висновок: в результаті наукових досліджень встановлено основні показники якості борошна різних виробників та визначено найкращий зразок для борошна для круасанів, наведено технологічну схему виробництва борошна, вимоги до сировини та готової продукції, проведено розрахунки кількості технологічного обладнання, визначено техніко-економічні показники та обґрунтовано доцільність проекту.

Ключові слова: пшениця, борошно для круасанів, показники якості, борошномельний завод.

ABSTRACT

for qualifying work
on the topic «Formation of a flour grade for croissants»

Student	<u>Orden YE.O.</u>
Supervisor	<u>PhD, As. prof. Voloshenko O. S.</u>
Educational degree	<u>«Master»</u>
Specialty	<u>181 «Food technologies»</u>
Educational program	<u>Grain storage and processing technologies</u>

Actuality: Today, the assortment of flour-based products is extremely diverse, and each type of product requires flour with specific characteristics. For the production of croissants, flour with high technological parameters is essential to ensure the formation of stable and elastic dough capable of withstanding lamination, as well as to create conditions for proper dough rise during baking. Achieving such flour properties is possible during production through careful selection and blending of streams at the mill, allowing the final product to meet specified quality parameters.

The purpose of the work: Conduct scientific research on the quality indicators of flour from different manufacturers to select a sample of flour for croissants and design a technological process diagram for processing wheat into flour.

The practical significance of the obtained results: The results can be used in the grain-processing industry of Ukraine during the construction of new or reconstruction of existing enterprises.

The structure of the work: abstract; table of content; introduction; section 1 "State of the problem and prospects for its solution"; section 2 "Technical and economic justification"; section 3 "Characteristics of technological objects and communications of the general plan of the enterprise"; section 4 "Scientific part"; section 5 "Technological part"; section 6 "Technical and economic indicators"; conclusions and recommendations; list of references; graphic applications.

The scope of the work: the explanatory note is laid out on 91 pages, includes 25 tables. The graphic part includes 6 sheets.

Conclusion: as a result of scientific research, the main quality indicators of flour from different manufacturers were established and the best sample for flour for croissants was determined, the technological diagram for the production of white flour, requirements for raw materials and finished products, calculations of the amount of technological equipment were carried out, technical and economic indicators were determined and the feasibility of the project was justified.

Key words: wheat, croissant flour, quality indicators, flour milling plant.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ЗМІСТ	6
ВСТУП.....	8
1. РОЗДІЛ 1 СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ	10
1.1 Об'єкт та предмети дослідження.....	13
1.2 Мета і завдання проекту	14
2. РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	15
2.1 Маркетингові дослідження, обґрунтування доцільності будівництва підприємства та його виробничої потужності	15
2.2 Мета і робоча гіпотеза проектування, результати, які очікуються.....	16
2.3 Визначення потреби в інвестиціях і попередня оцінка економічної доцільності будівництва.....	19
2.4 Висновки	19
3. РОЗДІЛ 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА КОМУНІКАЦІЙ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ПІДПРИЄМСТВА.....	21
3.1 Загальна характеристика та вимоги до генерального плану підприємства.....	21
3.2 Загальна характеристика будівлі борошномельного заводу	23
3.3 Вимоги до будівлі	24
3.4 Санітарно-технічна частина.....	26
4. РОЗДІЛ 4 НАУКОВА ЧАСТИНА.....	27
4.1 Аналіз літературних джерел за темою дослідження	27
4.1.1 Процес формування сортів борошна.....	27
4.1.2 Вимоги до борошна для круасанів	31
4.2 Методика проведення досліджень	33
4.3 Результати досліджень	34
5. РОЗДІЛ 5 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	45
5.1 Характеристика сировини та готової продукції	45
5.2 Опис технологічної схеми зерноочисного відділення	50
5.3 Вибір, розрахунок та підбір технологічного обладнання зерноочисного відділення	54
5.4 Опис технологічної схеми розмелювального відділення	56

5.5 Розрахунок балансу переробки зерна	60
5.6 Вибір, розрахунок та підбір технологічного обладнання розмелювального відділення	61
5.7 Технохімічний контроль виробництва. Застосування системи НАССР	67
5.8 Охорона праці.....	69
6. РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	72
6.1 Програма виробничої діяльності	72
6.2 Інвестиційні витрати.....	72
6.3 Чисельність працівників та фонд оплати праці	72
6.4 Розрахунки собівартості продукції	73
6.5 Фінансова та економічна оцінка проекту	79
6.6 Висновки	85
7. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	86
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	89

ВСТУП

Мукомельна промисловість є однією з ключових галузей агропромислового комплексу. Вона забезпечує переробку зерна пшениці, жита, кукурудзи та інших культур у борошно та побічні продукти, такі як висівки. Її роль особливо важлива в країнах із високою часткою сільського господарства, таких як Україна, адже вона сприяє розвитку внутрішнього ринку, формує значну частину експортного потенціалу і забезпечує населення стратегічно важливими продуктами.

Мукомельна промисловість відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Борошно є основною сировиною для виготовлення хліба та інших хлібобулочних виробів, які становлять значну частку раціону більшості населення. Стабільна робота цієї галузі гарантує доступність продуктів харчування для всіх верств населення. Окрім того, побічні продукти, такі як висівки, стають цінними компонентами кормової бази, що підтримує розвиток тваринництва.

Сучасна мукомельна промисловість впроваджує новітні технології, які покращують якість борошна, підвищують його поживну цінність і забезпечують ефективність виробництва. Борошно є не лише основним джерелом вуглеводів, але також містить білки, вітаміни та мінерали, які роблять його важливим для збалансованого харчування. Водночас висівки, які утворюються під час переробки зерна, є багатим джерелом клітковини, вітамінів і мінералів. Їх активно використовують у дієтичному харчуванні, сприяючи покращенню травлення та профілактиці захворювань шлунково-кишкового тракту.

Борошно і висівки мають значну економічну цінність. Борошно використовується не лише для внутрішніх потреб, але й екпортується до багатьох країн світу, що забезпечує валютні надходження та зміцнює економічні позиції України. Висівки також набувають популярності як об'єкт експорту, оскільки зростає попит на натуральні та багаті клітковиною продукти. Крім

того, їх активно застосовують у кормовій промисловості, що сприяє зменшенню відходів і забезпечує сталий розвиток агропромислового комплексу загалом. Таким чином, мукомельна промисловість забезпечує комплексний вплив на продовольчу безпеку, економіку та здоров'я населення.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

Пшеничне борошно в Україні класифікується за сортами: вищий, перший, другий, обдирне та цільнозернове. Кожен сорт має свої особливості, що впливають на його використання для певних цілей. Вищий сорт – найбільш популярний для виготовлення хлібобулочних та кондитерських виробів завдяки високій чистоті, тонкому помелу та білому кольору. Борошно першого і другого сорту частіше використовується для хліба з багатшою текстурою, як-от житньо-пшеничні хліби або дієтичні продукти. Обдирне та цільнозернове борошно, багаті на клітковину та вітаміни, зазвичай застосовують для виробництва здорової випічки.

Для хліба основного споживання, такого як батон або традиційний пшеничний хліб, найчастіше використовується борошно вищого сорту з нормальним вмістом клейковини (25-26%). Воно забезпечує хорошу підймальну здатність тіста, рівномірну структуру м'якуша та приємний аромат готового продукту. Таке борошно є універсальним і відповідає стандартним вимогам до більшості видів хлібобулочних виробів.

Для виробництва печива та деяких видів кондитерських виробів потрібне борошно зі специфічними властивостями. Тут важливими параметрами є низька водопоглинальна здатність, яка дозволяє отримати хрустку текстуру, та висока білизна для досягнення естетичного вигляду готового продукту. У такій продукції тісто має бути менш еластичним, що сприяє формуванню потрібної форми та текстури, наприклад, для пісочного печива чи крихкого тіста.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.78-03.ІІІ.5.1		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Орден Є.О.					
Керівник		Волощенко О.С.			Літ	Аркуш	Аркушів
						10	
Консультант					ОНТУ		
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.					
Розділ 1							

Для більш складних видів випічки, таких як круасани, піца, бріош, потрібно борошно з підвищеним вмістом клейковини та високою еластичністю. Це дозволяє тісту утримувати форму під час розкачування та витримувати багат шарові структури.

Мука для круасанів повинна відповідати особливим вимогам, оскільки цей вид випічки потребує еластичного, міцного, але водночас м'якого тіста, яке зберігає шари під час випікання. Основною вимогою до борошна для круасанів є високий вміст клейковини – 28-30%. Це дозволяє створити еластичне тісто, яке добре утримує масло між шарами. Високий вміст клейковини дає можливість тісту добре підійматися, зберігаючи форму під час формування круасанів, а також забезпечує потрібну текстуру після випікання.

Технологія виробництва круасанів включає багат шаровий процес, що передбачає використання техніки "пухкого" тіста. Для цього потрібно ретельно вкласти масло в тісто, щоб утворити численні тонкі шари. Мука з високим вмістом клейковини забезпечує, щоб тісто не було занадто м'яким або липким, а також дозволяє рівномірно розподіляти масло без втрати структури. Борошно повинно бути здатним витримувати багаторазове розкачування та складання без порушення цілісності тіста.

Рецептура теста для круасанів передбачає використання муки, води, дріжджів, цукру, солі та великої кількості масла. Мука для круасанів повинна мати не тільки високий вміст клейковини, але й оптимальну водопоглинальну здатність, щоб забезпечити потрібну консистенцію тіста без його перезволоження. Занадто висока водопоглинальна здатність може призвести до того, що тісто буде занадто вологим, і шари не зможуть утримувати масло.

Особливість борошна для круасанів полягає також у його високій якості: воно повинно бути тонкого помелу і мати низький рівень зольності, що

забезпечує білість і м'якість готового продукту. Тому борошно для круасанів зазвичай виготовляється з пшениці м'яких сортів, що гарантує не тільки еластичність тесту, але й його легкість та хрусткість після випікання.

За кордоном при виборі борошна для круасанів особливу увагу звертають на показник енергії деформації (W), оскільки він вказує на здатність тіста витримувати механічні навантаження без порушення структури. Чим вищий цей показник, тим еластичніше і міцніше тісто, що дозволяє йому утримувати свої шари навіть при багатократному розкачуванні та складанні. Особливо важливо це для круасанів, які часто піддаються процесам заморожування — або на етапі зберігання заготовок, або після часткового випікання.

Рахується, що для борошна, яке використовується для круасанів, показник W повинен бути не менше 250-300 одиниць альвеографа. Це значення забезпечує оптимальні характеристики тесту, що дозволяють зберегти його еластичність і стійкість до механічних навантажень, зберігаючи багатшарову структуру навіть після заморожування та подальшого випікання.

Немаловажним при виборі борошна для круасанів є значення показника числа падіння (ЧП), оскільки він вказує на рівень активності ферментів, зокрема амілази. Високе число падіння свідчить про те, що ферменти в борошні не активні, що дозволяє уникнути передчасного бродіння і утворення надмірної липкості в тісті. Для круасанів важливо, щоб число падіння було високим, оскільки це допомагає уникнути проблем з липкістю тесту, що може заважати формуванню правильних шарів і текстури готового виробу.

Зазвичай для борошна, яке використовується для круасанів, число падіння повинно бути більше 300-350 с. Це забезпечує оптимальний рівень активності ферментів, що дозволяє отримати тісто, яке не буде надто липким і буде добре тримати форму під час розкачування та формування круасанів.

Такі значення числа падіння допомагають досягти потрібної текстури та еластичності тіста для цього виду випічки.

У підсумку, борошно для круасанів повинно мати високий вміст клейковини, оптимальну водопоглинальну здатність, тонкий помел, низький рівень зольності, а також високі показники W і числа падіння. Ці характеристики забезпечують еластичність тіста, багатошаровість і легкість готового виробу, що є основними вимогами для круасанів.

Щоб отримати борошно для круасанів на борошномельному заводі, необхідно правильно підібрати зерно пшениці, яке відповідатиме вимогам до якості борошна. Для цього використовується пшениця з вмістом клейковини не менше 23%, що зазвичай відповідає зерну 1-го або 2-го класу. Проте в останні 2-3 роки обсяг виробництва зерна високої якості значно зменшився, що ускладнює отримання потрібного борошна.

У зв'язку з дефіцитом такого зерна, на борошномельних заводах застосовують метод відбору певних потоків борошна з індивідуальних систем, що дозволяє підвищити його характеристики за силою. Такий підхід включає використання стандартного зерна помельної партії та відбір борошна з підвищеними показниками клейковини і еластичності з окремих систем.

Техніка підбору і відбору потоку борошна з індивідуальних систем дає змогу забезпечити високу якість продукції, навіть при недостатній кількості зерна з бажаними властивостями. Це дозволяє виробникам отримувати борошно, яке має необхідні характеристики для приготування тесту для круасанів — еластичність, здатність утримувати масло між шарами та зберігати структуру після заморожування і подальшого випікання.

1.1 Об'єкт та предмети дослідження

Об'єктом дослідження є технологія переробки зерна пшениці у борошно продуктивністю 125 т/добу.

Предмети дослідження:

- схема технологічного процесу підготовки та переробки зерна пшениці у борошно;
- зразки борошна вищого сорту з різних борошномельних заводів.

1.2 Мета і завдання проекту

Мета роботи – Провести наукові дослідження з показників якості борошна різних виробників для обрання зразку борошна для круасанів та спроектувати схему технологічного процесу з переробки пшениці у борошно.

Завдання роботи:

- провести аналіз показників якості борошна різних виробників для обрання зразку борошна для круасанів;
- провести огляд стандартів на сировину та готову продукцію;
- розробити схеми технологічного процесу підготовки та переробки зерна пшениці у борошно;
- розрахувати баланс переробки та кількість технологічного обладнання;
- провести техніко-економічне обґрунтування та оцінити техніко-економічні показники проекту.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

2.1 Маркетингові дослідження, обґрунтування доцільності будівництва підприємства та його виробничої потужності

Млинзавод з переробки пшениці в борошно буде будуватися на території Одеської області. У даній області розташовані такі крупні підприємства з ТОП100: ДП "Куліндорівський комбінат хлібопродуктів" ДАРУ, ТОВ "ФАРІН", ДПЗКУ "Одеський комбінат хлібопродуктів", СФГ КУЦАРІВА Ф.С., ТОВ "Грейн Мілл". ДПЗКУ "Одеський комбінат хлібопродуктів" з об'ємом виробництва у 2020 році 3198 т фактично не працює, ДП "Куліндорівський комбінат хлібопродуктів" з об'ємом виробництва 26303 т у 2020 році має високий коефіцієнт незавантаженості.

Об'єм вирощування зерна пшениці у 2023 році в Одеській області склав 2251 тис. т (10,0% від загального збору пшениці 22409 тис. т) [1]. Об'єм виробництва борошна на крупних борошномельних заводах області у 2020 році склав 48785 тис. т, тобто 3,1% від загального об'єму виробництва борошна 1549 тис. т. Таким чином є потенціал з переробки зерна пшениці на борошно, тому будівництво борошномельного заводу у Одеській області є перспективним.

Виходячи з продуктивності типорозміру продуктивності сучасного обладнання для виробництва борошна 6-9 т/год плануємо продуктивність заводу – 125 т/добу.

Режим роботи підприємства приймаємо перервний, з двома загальними вихідними днями за рік (102 днів), в три зміни, зупинкою на капітальний ремонт (18 діб) і з проведенням поточного обслуговування у вихідні дні.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.78-03.ІІІ.5.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Орден Є.О.			Розділ 2	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волощенко О.С.					15	
Консультант		Басюркіна Н.Й.				<i>ОНТУ</i>		
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						

Робочий період (Р) підприємства складає:

$$P = 365 - 102 - 18 = 245 \text{ діб.}$$

Якщо обрати продуктивність млинзаводу (Пдоб) в 125 т/добу, то при коефіцієнті завантаженості (Кq) 0,8 та робочому періоді (Р) 245 діб на ньому можна переробити зерна пшениці (Vз):

$$V_z = P_{\text{доб}} \times K_q \times P = 125 \times 0,8 \times 245 = 24500 \text{ т.}$$

На заводі буде впроваджене новітнє обладнання фірми «Alapros» та «Buhler», що дасть високий вихід борошна високої якості.

Таким чином, пропонується будівництво борошномельного заводу у Одеській області, оснащеного новітнім обладнанням «Buhler», продуктивністю 125 тон на добу. На переробку планується використовувати зерно пшениці другого та третього класу (для продовольчих потреб) у співвідношенні 70:30.

2.2 Мета і робоча гіпотеза проектування, результати, які очікуються

Економічною метою будівництва підприємства є – отримання прибутку від здійснення діяльності з виробництва і реалізації борошна та висівок, що буде вироблятися на новому побудованому підприємстві.

При переробці зерна пшениці базисних кондицій у сортове борошно 78 %-ного виходу при двохсортному помелі за розвиненою структурою отримують такі продукти згідно базису [2]:

- борошно вищого сорту – 55-65%;
- борошно другого сорту – 13-23%;
- висівки – 19,1%;
- відходи I-II категорії (кормопродукти) – 2,2%;
- відходи III категорії (механічні втрати) – 0,7%.

Але ці вимоги вже застаріли, не враховують кращу ефективність сучасного технологічного обладнання, особливо з використанням сучасних

систем автоматизації для регулювання та контролю вологості зерна, а також регулювання режимів вальцових верстатів. Практика діючих сучасних підприємств показала можливість виробництва при двохсортних помелах – борошна вищого сорту з виходом 58-65 %, борошна першого сорту з виходом 13-20%; при трьохсортних помелах – борошна вищого сорту з виходом 58-65 %, борошна першого сорту з виходом 10-15%, борошна другого сорту з виходом 3-5%.

В технологічній схемі підготовки зерна згідно з проектом запропоновано використання системи автоматичного контролю та регулювання вологості зерна фірми Buhler – MYFE/MOZH, яка визначається високою точністю та дозволяє збільшити вихід та якість борошна.

Крім того, у проекті запропоновано виробництво спеціалізованого борошна (для круасанів) з окремих потоків за рахунок борошна вищого сорту.

Таким чином, буде реалізовано чотирьохсортний помел, для якого приймаємо наступні виходи готової продукції при переробленні зерна базисних кондицій:

- борошно спеціалізоване – 21%;
- борошно вищого сорту – 37%;
- борошно першого сорту – 15%;
- борошно другого сорту – 5%;
- висівки – 19,1%;
- відходи I-II категорії (кормопродукти) – 2,2%;
- відходи III категорії (механічні втрати) – 0,7%.

Для прискорення строків повернення інвестицій давальницьку переробку застосовувати на перших порах не передбачано.

Обсяг виробництва та реалізації продукції з власних ресурсів і послуг по давальницької переробці наведено у табл. 2.1. Також у таблиці наведено оптові вільні ціни згідно з існуючими на ринку.

Таблиця 2.1 – Розрахунок обсягів виробництва і реалізації продукції та послуг

Показники	%	Значення показника,	Оптові ціни і тарифи підприємства,	Обсяги реалізації продукції,
		т	грн/т	тис. грн
1. Річний обсяг переробки зерна (Vз)		24500	х	х
2. Обсяги переробки зерна власних ресурсів (Vз.вл)	100	24500	х	х
3. Виробництво готової продукції з власних ресурсів	78	19110	х	х
Борошно для круасанів	21	5145	16 500	84 893
Борошно вищого сорту	37	9065	15 000	135 975
Борошно першого сорту	15	3675	14 400	52 920
Борошно другого сорту	5	1225	13 200	16 170
Висівки	19,1	4680	5 900	27 612
Кормопродукти	2,2	539	1 100	593
Механічні втрати та усушка	0,7	172	-	0
4. Всього реалізація продукції з власних ресурсів		х	х	318 163
5. Переробка зерна клієнтів	0	0	1 800	0
Всього обсяг реалізації продукції та послуг (РП)		х	х	318 163

Прибуток (П) визначається за формулою:

$$П = РП \frac{p}{100+p},$$

де РП – обсяг реалізації продукції та послуг (табл. 2.1),

p – рентабельність продукції та послуг, яку задають шляхом прогнозування, приймаємо $R_{пр} = 10\%$.

$$П = РП \times 10 / (100 + 10) = 318163 \times 10 / (100 + 10) = 28924 \text{ тис. грн.}$$

2.3 Визначення потреби в інвестиціях і попередня оцінка економічної доцільності будівництва

Розрахунок розміру інвестицій, які необхідні для будівництва підприємства, здійснюють за формулою:

$$I = I_{\text{овф}} + I_{\text{ок}},$$

де $I_{\text{овф}}$ – інвестиції у основні виробничі фонди;

$I_{\text{ок}}$ – інвестиції на утворення додаткових оборотних коштів – $\Delta\text{ОК}$ ($I_{\text{ок}} = \Delta\text{ОК}$).

$I_{\text{овф}}$ визначають виходячи з питомих капітальних вкладень ($I_{\text{пит}}$) та добової потужності підприємства ($P_{\text{доб}}$) за формулою:

$$I_{\text{овф}} = I_{\text{пит}} \times P_{\text{доб}}$$

Питомі капітальні вкладення ($KV_{\text{пит}}$) приймаємо на рівні 750 тис. грн за одну тону виробничої потужності:

– 55% – 413 тис. грн – на купівлю технологічного обладнання;

– 45% – 337 тис. грн – на будівництво адміністративних, виробничих та допоміжних будівель, зерносховищ і складів у розмірах, що передбачають відповідну нормативну забезпеченість ємності у добах запасу.

Тоді, інвестиції у основні виробничі фонди ($I_{\text{овф}}$) складуть:

$$I_{\text{овф}} = TP \times P_{\text{доб}} = 750 \times 125 = 93750 \text{ тис. грн.}$$

Сума оборотних коштів ($I_{\text{овф}}$) визначається у розмірі 10 % розміру виручки від реалізації продукції і послуг по переробці зерна за формулою:

$$I_{\text{ок}} = 0,10 \times RP = 0,10 \times 318163 = 31816 \text{ тис. грн.}$$

Тоді:

$$I = I_{\text{овф}} + I_{\text{ок}} = 93750 + 31816 = 125566 \text{ тис. грн.}$$

2.4 Висновки

Будівництво млинзаводу технічно можливо та економічно доцільно, оскільки співвідношення суми інвестицій к прибутку, що прогнозується, дорівнює:

$$I / \Pi = 125566 / 28924 = 4,3.$$

У цьому випадку можна очікувати строк окупності інвестицій (порахований з урахуванням дисконтування грошових потоків) до 5 років.

При визначенні джерел інвестування приймаємо, що частка інвестицій (75%) здійснюється за рахунок інвестора (I_i) – 31392 тис. грн, решта (25%) – за рахунок кредиту ($I_{кр}$) – 94174 тис. грн.

Тобто, сума кредиту ($I_{кр}$) дорівнює:

$$I_{кр} = I - I_i = 125566 - 31392 = 94174 \text{ тис. грн.}$$

РОЗДІЛ 3

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА КОМУНІКАЦІЙ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Загальна характеристика та вимоги до генерального плану підприємства

Зона розміщення зернопереробного підприємства обирається з урахуванням районів вирощування зерна, а також логістичних потоків сировини та готової продукції. Не допустимо розміщувати підприємство в зонах підприємств, віднесених за виділенням шкідливих речовин в навколишнє середовище.

Виробничі підприємства з джерелами шкідливих виробничих факторів (шуму, запаху, диму, пилу тощо), що негативно впливають на навколишнє середовище, класифікуються на п'ять ступенів небезпеки, які передбачають межі між підприємствами та житловими територіями санітарно-охоронною зоною від 50 до 1000 м. Для зернопереробних підприємств має бути не менше 100 м.

Генеральний план розміщення мельниці визначає місце та організацію будівель і споруд на території підприємства. Важливо враховувати технічні, санітарні та екологічні вимоги, а також специфіку виробничих процесів.

Загальна характеристика плану передбачає організацію території підприємства, розміщення основних і допоміжних виробничих об'єктів, розподіл земельних ділянок для забезпечення безпеки та ефективності виробництва. План також включає організацію транспортування сировини і готової продукції, забезпечення енергопостачання, водопостачання, охорону навколишнього середовища.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.78-03.ІІІ.5.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Орден Є.О.			Літ		Аркуш	Аркушів
Керівник		Волощенко О.С.					21	
Консультант					Розділ 3			
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						

Вимоги до розташування мельниці включають близькість до транспортних шляхів для зручного транспортування сировини та продукції, доступність інженерних комунікацій, таких як водопостачання та електропостачання, а також дотримання екологічних стандартів та безпеки. Важливо враховувати санітарно-захисні зони, вплив на навколишнє середовище, а також створювати належні умови праці для персоналу.

Генеральний план розміщення мельниці визначає місце та організацію будівель і споруд на території підприємства. Важливо враховувати технічні, санітарні та екологічні вимоги, а також специфіку виробничих процесів.

Для середнього розміру мельниці площа території може коливатися від 2 до 10 гектарів. Це залежить від масштабів виробництва, кількості додаткових будівель і споруд, а також вимог до санітарно-захисних зон.

Млини та склади займають основну частину території, зазвичай від 50% до 70% загальної площі. Зони для зберігання сировини та готової продукції займають 20-30% площі.

Відстань між основними виробничими будівлями повинна бути не менше 10-15 метрів для забезпечення безпеки і ефективності транспортування сировини та готової продукції. Санітарно-захисні зони від житлових і виробничих об'єктів повинні складати не менше 300-500 метрів в залежності від типу виробництва та токсичності процесів.

Система водопостачання та водовідведення має бути спроектована з розрахунком на споживання води до 100-150 кубічних метрів на добу для середньої мельниці. Підключення до електричних мереж повинно забезпечити потужність не менше 100-150 кВт для основних виробничих процесів.

Під'їзди для транспорту повинні бути розраховані на вантажний транспорт, з шириною доріжок не менше 6-8 метрів для безпечного руху великих вантажівок. Площа для паркування і маневрування транспорту повинна складати 15-20% від загальної площі території.

Для типової мельниці основних виробничих будівель (млини, склади) може бути від 3 до 5 споруд. Допоміжних споруд (лабораторії, адміністративні будівлі, гаражі) зазвичай 2-3 приміщення.

Висота основних виробничих будівель (млини, склади) може бути в межах 10-15 метрів. Допоміжні споруди, як правило, не перевищують 3-4 поверхи (до 12 метрів).

Ці параметри повинні відповідати вимогам для забезпечення безпеки, ефективності виробництва та комфортних умов праці.

3.2 Загальна характеристика будівлі борошномельного заводу

Млинзавод включає: зерноочисне, розмелювальне та фасувальне відділення, що розміщені у багатоповерховій будівлі, яка повинна відповідати наступним вимогам:

- розрахункова зимова температура повітря – 20 °С;
- сейсмічність – не більше 6 балів;
- клас будівлі – II;
- ступінь вогнестійкості – II;
- категорія виробництва по вибухопожежній безпеці для розмелювального відділення – “Б”; для зерноочисного відділення і складу в тарі – “В”.

Будівля борошномельного заводу – шестиповерхова. Висота шостого поверху – 6,37 м, п'ятого поверху – 4,8 м, висота всіх інших поверхів – 4,5 м. Загальна висота будівлі складає 29,2 м.

Сітка колон будівлі – 6,0х6,0 м.

За довжиною розташовано: бункери для відходів (3,6 м), 3 ряди бункерів (3х2,8 м), будівельна вставка (1,8 м), 3 прольоти будівлі (3х6 м), будівельна вставка (1,8 м), 4 ряди бункерів для готової продукції (4х3,6 м), проліт для обладнання відділення готової продукції (4 м). Загальна довжина будівлі 52 м. Поруч розташований склад готової продукції довжиною 48,13 м.

Між бункерами та зерноочисним відділенням будівельна вставка 1,8 м, у якій розміщені норії. Така ж будівельна вставка запланована між розмелювальним відділенням та бункерами для готової продукції.

За шириною розташовано: 4 ряди бункерів (4x3,6 м), проліт для обладнання (4,8 м). Загальна ширина будівлі – 19,2 м.

Таким чином будівля з бункерами має розміри:

$L \times V \times H = 52 \times 19,2 \times 29,2$ м.

Склад готової продукції:

$L \times V \times H = 48,13 \times 19,2 \times 9,5$ м.

3.3 Вимоги до будівлі

У будівлях каркасної конструкції, використовуються фундаментні балки, які призначені для спирання зовнішніх і внутрішніх стін, які є несущими. Залізобетонні балки, завдовжки до 6 м, в перерізі – трапецієвидні.

Грунтові води залягають на глибині більше 15 м.

Будівельні конструкції. Фундаменти будівель розроблені, виходячи із умов будівництва на майданчику зі спокійним рельєфом при відсутності ґрунтових вод. Фундаменти монолітні залізобетонні під силосною частиною у вигляді плити, під сіткою – у вигляді перехресних стрічок. Фундамент – стаканного типу, глибина – 2,6 м.

Перекриття. Плити – монолітні залізобетонні. Крівля запроектована з ухилом $i = 1:1,5$, сумісна, без вентиляції, на основі СНП II-26- 76. В місцях стику крівлі з парапетом, шахтою ліфту, товщину основного водоізоляційного шару підсилено додатковими двома шарами руберойду з крупнозернистою присипкою марки РКК-400 Б на гарячій бетонній мастиці марки МБК-Г-58.

Стіни і перегородки. Зовнішні стіни панельні, товщиною 200 мм, з легкого бетону. В приміщенні постійний режим як по температурі, яка становить приблизно $+13$ С°, так і по відносній вологості повітря – в межах

60-62 %. Перегородки – цегляні. Шви між панелями ущільнюються цементним розчином. Зовнішні стіни пофарбовані фарбою для зовнішніх робіт світлого тону з дотриманням всіх вказівок, які викладені в СНП 14-21-73. Під внутрішні стіни і перегородки запроектовані фундаментні балки та колони збірні залізобетонні.

Перегородки відповідають основним вимогам – вони вогнестійкі, мають опір впливу вологості, відповідають нормам шумоізоляції.

Підлога – на всіх поверххах перекриття запроектована з бетону. Підстильний шар - з бетону М 100. Грунт основи з втрамбовано галькою. В побутових приміщеннях підлога залита бетоном та покрита лінолеумом.

Вікна. Отвори під вікна призначені для природного освітлення та додаткової вентиляції. Число, розміри, форму віконних отворів, відповідають архітектурно-художніми вимогами. Для природної освітленості використовують сучасне суцільне, стрічкове скління – віконні блоки і панелі.

Сходові марші та ліфти. Сходи запроектовані із збірних залізобетонних елементів та металевих конструкцій. Ширина сходового маршу – в межах 1,2 м. Ширина сходових площадок дорівнює ширині маршів.

Сходові марші та проміжні сходові площадки огорожені з двох боків.

В будівлі заводу існує одна сходові клітина на всю висоту будівлі, в якій розміщено пасажирські ліфти вантажопід'ємністю відповідно 1000 і 320 кг. Також є сходові клітина зі сторони відділення готової продукції. Крім того і зовнішні металеві пожежно-евакуаційні сходи.

Приміщення борошномельного цеху за рівнем вибухопожежонебезпеці відноситься до категорії Б і В. Виконується комплекс заходів по забезпеченню вибухопожежної безпеки до приміщень категорії Б і В.

Сходові клітини відділяються від виробничих приміщень тамбур-шлюзами, з постійним підпором повітря 20 ПА. Стіни тамбур-шлюзів побудовані з цегли з армуванням, товщиною 120 мм, перекриття монолітно-залізобетонне.

Двері тамбур-шлюзів – вогнестійкі, з обладнанням, приладами для самозакривання і з ущільненням.

3.4 Санітарно-технічна частина

Даний завод розташований в кліматичній зоні з параметрами зовнішнього середовища:

в зимовий період – $t = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$;

в літній період – $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для зимового періоду прийнято наступні параметри повітря в середині приміщення:

температура – $t = 16\text{ }^{\circ}\text{C}$,

–відносна вологість – 50 %

За нормами протипожежної безпеки зерноочисне відділення відноситься до категорії виробництв “В”, розмелювальне – до категорії “Б”.

Каналізація. Стоки з побутової каналізаційної мережі, розташованої на території заводу, скидаються в міську каналізаційну мережу.

Теплопостачання. Тепло на територію заводу постачається з котельні з трьома котлами, які працюють на газі.

Водопостачання. Водопостачання відбувається від міської водопровідної мережі через лічильники. Водовідведення відбувається через існуючі каналізаційні стоки, з'єднані з міською каналізаційною мережею. Система водопостачання та водовідведення знаходиться під землею.

Опалення. В приміщенні заводу температура складає:

в зерноочисному відділенні $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$;

в розмелювальному відділенні $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Опалення здійснюється за рахунок перегріву приточного повітря. В допоміжних приміщеннях створюється $t = +16\text{ }^{\circ}\text{C}$.

РОЗДІЛ 4 НАУКОВА ЧАСТИНА

4.1 Аналіз літературних джерел за темою дослідження

4.1.1 Процес формування сортів борошна

Технологічний процес переробки зерна на борошно є багатоступеневим і має на меті отримання продукту високої якості із заданими фізико-хімічними та органолептичними властивостями. Кожен етап технологічного циклу ґрунтується на науково обґрунтованих методах, які дозволяють мінімізувати втрати сировини та підвищити ефективність виробництва.

Перша стадія включає підготовку зерна, яка розпочинається з визначення його основних фізичних, хімічних та технологічних показників. До уваги беруться вологість зерна, наявність домішок, кількість і якість клейковини, зараженість шкідниками, а також загальний стан зернової маси. На основі цих параметрів визначають придатність зерна до помелу та розробляють оптимальні режими його обробки.

Очищення зерна є важливим етапом, що має вирішальний вплив на якість борошна. Воно спрямоване на видалення сторонніх домішок, таких як органічні (насіння бур'янів, залишки рослин), мінеральні (пісок, камінці) та металеві частки. Очищення відбувається через комбінацію механічних та фізичних методів із використанням сучасного обладнання: сепараторів, аспіраційних систем, трієрів та магнітних уловлювачів. Особлива увага приділяється аспіраційним процесам, які забезпечують видалення легких домішок та пилу з поверхні зерна, що дозволяє підготувати його до наступних етапів обробки.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.78-03.ІІІ.5.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 4	Літ	Аркуш	Аркушів
Розробив		Орден Є.О.						
Керівник		Волошенко О.С.					27	
Консультант								
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						
						ОНТУ		

Після очищення зерно підлягає кондиціюванню, яке полягає в регулюванні його вологості до оптимального рівня. Цей процес має вирішальне значення для підвищення технологічних властивостей зерна, оскільки сприяє полегшенню поділу оболонки і ендосперму. Кондиціювання виконується шляхом зволоження або підсушування зерна залежно від початкової вологості та технологічних вимог. Після цього зерно витримується у спеціальних бункерах протягом заданого часу, що забезпечує рівномірний розподіл вологи та покращує механічні властивості оболонки [3,4].

Помел зерна є центральним етапом процесу, на якому відбувається його подрібнення з метою отримання продуктів різної крупності. Помел здійснюється поступово, починаючи з грубого дроблення для відокремлення оболонки і закінчуючи тонким розмелюванням. Для цього використовують комбінацію вальцових верстатів, розсійників, ситовіальних машин та допоміжного обладнання: ентолейторів, вимельних машин тощо. На першій стадії крупоутворення продукти розмелу поділяються на крупки, дунсти та борошно. Подальше розмелювання забезпечує отримання фракцій необхідної крупності, та якості, тому ці продукти обробляються на ситовіальних машинах. Підготовлені крупки потім розмелюються на системах тонкого подрібнення [3,5].

Завершальним етапом процесу є формування сортів борошна з різних індивідуальних систем технологічного процесу. Для цього на підставі попереднього досвіду з переробки місцевого зерна розробляється схема формування кінцевого борошна по сортах з урахуванням заданої якості борошна. При необхідності, у т.ч. внаслідок коливань якості зерна, або необхідності виробництва спеціалізованого борошна, самопливи кожного потоку борошна переставляють [6,7].

Формування сортів муки в промислових умовах є складним і багатоступеневим процесом, який передбачає поділ зерна на анатомічні складові, їх подрібнення, просіювання та ретельний контроль якості отриманих потоків

для подальшого змішування у заданих пропорціях. Основною метою є створення стандартизованих сортів муки, які відповідають вимогам споживачів з точки зору фізико-хімічних і функціональних характеристик [8].

Драні системи здійснюють первинне подрібнення зерна, під час якого ендосперм відокремлюється від оболонки. В результаті на перших драних системах формуються великі частинки борошна, які містять мінімальну кількість висівок і мають низький рівень зольності, що становить приблизно 0,35–0,50%. Вміст білка у таких потоках сягає 11,5–12,5%, оскільки значна частина білка зосереджена у внутрішніх шарах ендосперму. Пошкоджений крохмаль у потоках драних систем становить до 16–18 UCD, а розмір частинок перевищує 200 мкм. У свою чергу, хвостові драні системи забезпечують додаткове подрібнення частинок ендосперму, що супроводжується підвищенням зольності потоків до 0,60–0,75% за рахунок включення частинок оболонки і зародків. Вміст білка сягає 13–14%, оскільки до складу включаються зовнішні шари ендосперму, багаті білком. Пошкодження крохмалю збільшується до 20–25 UCD [9,10].

Розмелювальні системи забезпечують подальше подрібнення ендосперму після початкового поділу зерна на драних системах. Відмінною рисою розмелювальних потоків є інтенсивніше подрібнення частинок, яке здійснюється за рахунок зменшеного зазору між вальцями. Це призводить до більшого пошкодження крохмалю порівняно з драними потоками. На початкових етапах розмелювання, таких як перша розмелювальна система, рівень пошкодження крохмалю сягає 20–25 UCD, що значно вище показника для драних потоків, де він зазвичай становить 16–18 UCD. На останніх розмелювальних системах цей показник може досягати 25–30 UCD через інтенсивніше стискання частинок і додаткове подрібнення залишків ендосперму [11].

Рівень зольності в потоках розмелювальних систем змінюється залежно від етапу процесу. На перших системах зольність залишається на рівні 0,40–0,50%, оскільки переважно подрібнюється чистий ендосперм. Однак

на пізніх етапах розмелювання, особливо на хвостових системах, зольність може значно підвищуватися і досягати рівня 1,5–2,0%. Це обумовлено тим, що на цих етапах у потоки потрапляють залишкові частинки оболонки, алеїронового шару та зародків, які залишилися після попередніх проходів. Ці компоненти містять значно більше мінеральних речовин, ніж чистий ендосперм, що і призводить до різкого підвищення зольності. Такий ефект стає помітним через інтенсивне подрібнення матеріалу та зменшення зазору між вальцями, що забезпечує відокремлення навіть найдрібніших частинок оболонки [6].

Вміст білка в розмелювальних потоках може бути трохи нижчим порівняно з драними потоками, зазвичай становлячи 10,5–11,5% на початкових системах. Однак якість клейковини значно вища. Це обумовлено меншим впливом на структуру білків під час подрібнення, а також більшою однорідністю білкових компонентів, які формують стабільні та еластичні тіста. Висока якість клейковини робить розмелювальні потоки особливо придатними для використання у виробництві хлібобулочних виробів, де потрібна підвищена стабільність тіста під час бродіння та випікання. Незважаючи на зростання пошкодження крохмалю, мука з розмелювальних потоків зберігає свої функціональні властивості завдяки збалансованому поєднанню показників зольності, вмісту білка та реологічних характеристик. Наприклад, така мука демонструє високу абсорбцію води, що важливо для багатьох видів тіста. Таким чином, розмелювальні потоки є ключовим компонентом у формуванні сортів муки із заданими характеристиками [12,13].

Реологічні властивості муки також відрізняються залежно від типу потоків. Тісто з потоків драних систем демонструє вищу стабільність і еластичність, що важливо для хлібобулочних виробів. Наприклад, за даними Mixelab, тісто з драних потоків має стабільність до 10 хвилин, тоді як стабільність тіста з потоків розмелювальних систем знижується до 7–8 хвилин через підвищену активність ферментів у пошкоджених гранулах крохмалю.

Еластичність тіста за результатами Alveograph для драних потоків становить 150–160 мм, тоді як для розмелювальних потоків – 120–130 мм. Водночас здатність тіста до поглинання води в розмелювальних потоках вища (до 65%) порівняно з драними потоками (55–60%) [14,15].

Аналіз фізико-хімічних і реологічних властивостей потоків дозволяє ефективно змішувати фракції для отримання сортів муки з передбачуваними характеристиками. Наприклад, для виробництва борошна вищого сорту використовують потоки з мінімальним вмістом оболонки, а для цільнозернового борошна – включають фракції з високим рівнем зольності. Такий підхід дозволяє оптимізувати використання сировини і задовольнити вимоги харчової промисловості до якості муки.

4.1.2 Вимоги до борошна для круасанів

Для виготовлення круасанів необхідно використовувати борошно зі специфічними фізико-хімічними характеристиками, які забезпечують утворення слоєного тіста, його стабільність та належні органолептичні властивості готового виробу. Одним із ключових параметрів є вміст білка, який має становити не менше 12–12,5%. Такий рівень білка сприяє формуванню глютенної сітки, яка забезпечує пружність і еластичність тіста, необхідні для витримки механічних навантажень під час ламінування (багаторазового розкачування і складання тіста з маслом) [16].

Білок також відіграє важливу роль у формуванні структури тіста, адже він утримує гази, що виділяються під час ферментації, забезпечуючи правильний підйом і легкість готового виробу. Занадто низький вміст білка призводить до руйнування структури тіста, тоді як надмірно високий ускладнює роботу з ним через підвищену жорсткість і знижену пластичність [17].

Кількість клейковини у борошні для круасанів має становити від 28 до 30%. Цей показник визначає здатність білків формувати сітку, яка утримує вуглекислий газ, що виділяється під час ферментації. Клейковина повинна

бути достатньо міцною, щоб витримувати процес ламінування, і водночас пластичною, щоб уникнути розривів під час розкачування. Якщо кількість клейковини є меншою за оптимальну, тісто стає крихким і не утримує шари. Занадто високий рівень клейковини може зробити тісто надто щільним, що негативно впливає на структуру круасанів.

Зольність борошна для круасанів зазвичай знаходиться у межах 0,45–0,55%. Низька зольність забезпечує світлий колір борошна, що важливо для естетичного вигляду готового виробу. Зольність безпосередньо залежить від кількості частинок оболонки у борошні. Підвищена зольність може погіршити смак і текстуру круасанів, зробивши їх менш ніжними. Натомість оптимальний рівень зольності дозволяє отримати борошно із чистим смаком та високою якістю.

Показник числа падіння має бути не менше 300–350 секунд. Це свідчить про низьку активність альфа-амілази, що важливо для збереження структури крохмалю під час ферментації. Занадто низький показник (менше 300 секунд) може призвести до надмірної ферментативної активності та липкості [18].

Пошкоджений крохмаль у борошні повинен становити не більше 18–20 UCD. Цей показник впливає на здатність тіста до водопоглинання та утримання шарів. Недостатнє пошкодження крохмалю зменшує абсорбцію води, а надмірне (понад 20–22 UCD) робить тісто липким і менш стабільним під час обробки. Оптимальний рівень пошкодження забезпечує необхідну пластичність тіста та його стабільність під час ламінування [19].

Водопоглинання борошна має становити не менше 56–58%. Цей параметр впливає на текстуру тіста та його зручність у роботі. Недостатнє водопоглинання робить тісто жорстким, що ускладнює його розкачування, а надмірне – сприяє липкості, яка ускладнює процес ламінування. Оптимальне водопоглинання забезпечує потрібну пластичність тіста [20].

Сила борошна, яку визначають за допомогою альвеографа (W), має бути в межах $250\text{--}300 \times 10^{-4}$ Дж. Цей показник свідчить про здатність глютенної сітки витримувати навантаження під час формування тіста. Низьке значення W робить тісто нестабільним і менш придатним для обробки, тоді як надмірно високе може ускладнювати рівномірний підйом тіста. Оптимальне значення W забезпечує баланс між пружністю та еластичністю, що необхідно для якісного ламінування [21].

Показник P/L , який визначає співвідношення міцності до розтяжності тіста, має бути в межах $0,4\text{--}0,7$. Низьке значення свідчить про надмірну розтяжність, через що тісто може втрачати форму, а високе – про жорсткість, що ускладнює ламінування. Оптимальний діапазон забезпечує еластичність і стабільність тіста, що важливо для формування правильних шарів [22].

4.2 Методика проведення досліджень

В якості індивідуального завдання необхідно було дослідити показники якості 5 зразків борошна з різних підприємств для обрання зразку, який краще підходить для виробництва круасанів.

У борошні визначали такі показники якості:

Вологість – за ДСТУ EN ISO 712:2022 «Зернові культури та продукти із них. Визначення вмісту вологи. Еталонний метод»;

Вміст клейковини та ІДК – за ГОСТ 27839-88 «Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины» на ТЛ-2 та ІДК-ЗМУ;

Число падіння – за ДСТУ ISO 3093:2019 «Пшениця, жито та борошно з них, пшениця тверда й манні крупи з твердої пшениці. Визначення числа падіння методом Хагберга-Пертена (Hagberg-Perten)» на приладі Perten FN 1000;

Зольність – за ДСТУ EN ISO 12099:2022 «Корми для тварин, зернові та подрібнені зернові продукти. Настанови щодо застосування ближньої інфрачервоної спектрометрії» на інфрачервоному аналізаторі Perten 9500;

Вміст білка – за ДСТУ EN ISO 12099:2022 «Корми для тварин, зернові та подрібнені зернові продукти. Настанови щодо застосування ближньої інфрачервоної спектрометрії» на інфрачервоному аналізаторі Perten 9500;

Вміст пошкодженого крохмалю – за ISO 17715:2013 «Flour from wheat (*Triticum aestivum* L.) — Amperometric method for starch damage measurement» на аналізаторі SDmatic 2.

Показники розчиноутримуючої здатності – за ААСС 56 11.02 «Solvent Retention Capacity Profile».

Показники альвеографу – за ДСТУ EN ISO 27971:2022 «Зернові культури та зернові продукти. М'яка пшениця (*Triticum aestivum* L.). Визначення альвеографічних властивостей тіста за постійної гідратації з промислового або тестового борошна та методологія випробувального помелу» на приладі Chopin Alveolab;

Чинність методів визначення наведена у [23].

4.3 Результати досліджень

Відповідно до індивідуального завдання було проаналізовано стандартні показники якості, розширені показники якості, показники SRC та показники альвеографу.

Таблиця 4.1 – Стандартні показники якості борошна

Зразок	МС, %	WH, un.	GC, %	GDI, un.	FN, sec
1 (Рівненська обл.)	14,0	55	23,6	51	415
2 (Черкаська обл.)	14,7	50	27,4	70	389
3 (Миколаївська обл.)	14,0	59	26,8	60	355
4 (Київська обл.)	14,3	54	26,0	70	373
5 (Волинська обл.)	14,8	53	27,2	70	503

Показник МС (%) характеризує вологість зразків, тобто частку води у складі продукту. Цей параметр є важливим для збереження борошна, його

технологічних властивостей та впливу на якість кінцевих виробів. Теоретично вологість борошна може коливатися в межах 12–15%. Вологість нижче 12% свідчить про пересушене борошно, тоді як понад 15% може бути небезпечною для зберігання, оскільки створює сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів. У досліджених зразках вологість варіюється від 14,0% (зразок 1, Рівненська обл., та зразок 3, Миколаївська обл.) до 14,8% (зразок 5, Волинська обл.). У зразка 2 (Черкаська обл.) вологість становить 14,7%, а у зразка 4 (Київська обл.) — 14,3%. Усі значення знаходяться в межах допустимих норм.

Показник W_N (un.) характеризує білість борошна, тобто його здатність відбивати світло. Цей параметр є важливим показником якості, оскільки більш біле борошно зазвичай асоціюється з вищою якістю для багатьох хлібобулочних виробів. Теоретично значення білості може варіюватися залежно від типу борошна та його сорту. Зазвичай для пшеничного борошна білість знаходиться в межах 50–60 умовних одиниць. У досліджених зразках показник W_N варіюється від 50 у зразка 2 (Черкаська обл.) до 59 у зразка 3 (Миколаївська обл.). У зразка 1 (Рівненська обл.) цей показник становить 55, у зразка 4 (Київська обл.) — 54, а у зразка 5 (Волинська обл.) — 53. Усі значення знаходяться в типовому діапазоні для пшеничного борошна.

Показник G_C (%) відображає вміст клейковини у борошні. Клейковина є ключовим компонентом для утворення тіста, забезпечуючи його еластичність, здатність утримувати гази під час бродіння та створювати міцну структуру виробів. Відповідно до вимог ДСТУ 46.004-99, для пшеничного борошна вищого ґатунку вміст клейковини має бути не менше 24%. Нижчий вміст клейковини може свідчити про знижені хлібопекарські якості. У досліджених зразках значення G_C варіюються від 23,6% у зразка 1 (Рівненська обл.) до 27,4% у зразка 2 (Черкаська обл.). У зразка 3 (Миколаївська обл.) цей показник становить 26,8%, у зразка 4 (Київська обл.) — 26,0%, а у зразка 5 (Волинська обл.) — 27,2%. Значення зразка 1 (23,6%) є нижчим за норму,

встановлену для борошна вищого гатунку, тоді як усі інші значення відповідають стандарту.

Показник GDI (од.) характеризує індекс деформації клейковини, що є мірою її пружності та розтяжності. Цей параметр визначає здатність клейковини до розтягування під дією зовнішнього навантаження. Значення GDI дозволяють оцінити якість клейковини: нижчі значення свідчать про пружну, міцну клейковину, тоді як вищі значення свідчать про її більшу розтяжність, але меншу стабільність. Для пшеничного борошна вищого гатунку оптимальними вважаються значення індексу деформації клейковини у межах 60–80 од. У досліджених зразках показник GDI варіюється від 51 од. у зразка 1 (Рівненська обл.) до 70 од. у зразків 2 (Черкаська обл.), 4 (Київська обл.) та 5 (Волинська обл.). У зразка 3 (Миколаївська обл.) цей показник становить 60 од. Значення зразка 1 (51 од.) є нижчим за оптимальний діапазон, тоді як решта зразків відповідають стандарту для пшеничного борошна вищого гатунку.

Показник FN (сек) відображає число падіння, що є мірою активності ферментів (зокрема амілази) у борошні. Цей показник визначає здатність крохмалю до розрідження під дією ферментів і використовується для оцінки якості зерна, з якого виготовлено борошно. Відповідно до ГСТУ 46.004-99, для пшеничного борошна вищого гатунку значення FN має бути не менше 160 секунд. Оптимальні значення залежать від типу виробів. Для хліба оптимальним є діапазон 270–330 секунд за вмісту клейковини 25–26%. Для виробів типу круасанів значення числа падіння може бути дещо вищим, зазвичай не менше 350 секунд. У досліджених зразках показник FN варіюється від 355 секунд у зразка 3 (Миколаївська обл.) до 503 секунд у зразка 5 (Волинська обл.). У зразків 1 (Рівненська обл.), 2 (Черкаська обл.) та 4 (Київська обл.) значення становлять 415 секунд, 389 секунд і 373 секунди відповідно. Усі значення вказують на низьку амілолітичну активність, що означає відсутність ризику липкості тіста.

Таблиця 4.2 – Розширені показники якості борошна

Зразок	АС, %	РС, %	SD, UCD	WAC,%
1 (Рівненська обл.)	0,48	10,6	23,0	55,6
2 (Черкаська обл.)	0,52	11,8	19,6	57,9
3 (Миколаївська обл.)	0,60	12,2	21,7	56,2
4 (Київська обл.)	0,53	11,5	14,1	57,2
5 (Волинська обл.)	0,52	12,7	22,0	57,3

Показник АС (%) характеризує зольність борошна, тобто вміст мінеральних речовин, що є залишком після спалювання продукту. Зольність визначає ступінь очищення борошна від оболонки зерна та є одним із ключових критеріїв якості. Відповідно до ГСТУ 46.004-99, для пшеничного борошна вищого гатунку зольність не повинна перевищувати 0,55%. У досліджених зразках показник АС варіюється від 0,48% у зразка 1 (Рівненська обл.) до 0,60% у зразка 3 (Миколаївська обл.). У зразків 2 (Черкаська обл.), 4 (Київська обл.) та 5 (Волинська обл.) зольність становить 0,52%, 0,53% та 0,52% відповідно. Значення зразка 3 (0,60%) перевищує допустиму норму, що, ймовірно, свідчить про те, що це борошно отримано методом прямого (односортного) помелу.

Показник РС (%) характеризує вміст білка у борошні, що є одним із найважливіших показників якості. Білок, зокрема глютенін і гліадин, відповідає за утворення клейковини, яка впливає на еластичність, міцність і здатність тіста утримувати газу. Оптимальний вміст білка залежить від типу борошна та виду виробів. Для пшеничного борошна вищого гатунку згідно з ГСТУ 46.004-99 вміст білка має бути не менше 10,3%. У досліджених зразках показник РС варіюється від 10,6% у зразка 1 (Рівненська обл.) до 12,7% у зразка 5 (Волинська обл.). У зразків 2 (Черкаська обл.), 3 (Миколаївська обл.) та 4 (Київська обл.) вміст білка становить 11,8%, 12,2% та 11,5% відповідно. Аналіз показників білка (РС) та клейковини (GC) показує, що зага-

лом у зразках із вищим вмістом білка спостерігається і вищий вміст клейковини. Наприклад, у зразка 5 найвищий вміст білка (12,7%) відповідає високому вмісту клейковини (27,2%), тоді як у зразка 1 найнижчий вміст білка (10,6%) відповідає найнижчому вмісту клейковини (23,6%).

Показник SD (UCD) характеризує вміст пошкодженого крохмалю у борошні. Пошкоджений крохмаль утворюється внаслідок механічного впливу під час помелу зерна. Його вміст є важливим показником, оскільки пошкоджений крохмаль здатний поглинати більше води, що впливає на консистенцію тіста та його хлібопекарські властивості. Надмірний вміст пошкодженого крохмалю може ускладнити обробку тіста та знизити якість кінцевого виробу. Для тіста, призначеного для круасанів, вміст пошкодженого крохмалю має бути невисоким, щоб забезпечити оптимальну структуру та уникнути надмірного поглинання води, що може негативно вплинути на якість кінцевого виробу. У досліджених зразках показник SD варіюється від 14,1 UCD у зразка 4 (Київська обл.) до 23,0 UCD у зразка 1 (Рівненська обл.). У зразків 2 (Черкаська обл.), 3 (Миколаївська обл.) та 5 (Волинська обл.) значення становлять 19,6 UCD, 21,7 UCD та 22,0 UCD відповідно. Найнижчий вміст пошкодженого крохмалю у зразка 4 (14,1 UCD) свідчить про його кращу придатність для виготовлення круасанів. Зразки 1, 5 та 3 із високими значеннями (понад 21 UCD) можуть бути менш підходящими через інтенсивний помел зерна та підвищене пошкодження крохмалю.

Показник WAC (%) характеризує водопоглинальну здатність борошна, тобто його здатність вбирати воду під час замішування тіста. Цей параметр визначається складом борошна, зокрема вмістом білка, крохмалю та пошкодженого крохмалю, а також зольністю. Висока водопоглинальна здатність є бажаною для багатьох видів виробів, оскільки це дозволяє збільшити вихід тіста. Однак для певних виробів, таких як круасани, надмірно висока WAC може ускладнити обробку тіста. Для пшеничного борошна водопоглинальну здатність можна класифікувати так: значення менше 56% вказують на низьку WAC, 56–58% — середню, а понад 58% — високу. У

досліджених зразках показник WAC варіюється від 55,6% у зразка 1 (Рівненська обл.) — низька WAC, до 57,9% у зразка 2 (Черкаська обл.) — висока межа середньої WAC. У зразків 3 (Миколаївська обл.), 4 (Київська обл.) та 5 (Волинська обл.) значення становлять 56,2%, 57,2% та 57,3% відповідно, що відповідає середній WAC.

Аналізуючи зв'язок між показниками WAC та SD (вміст пошкодженого крохмалю), спостерігається тенденція: зразки з вищим вмістом пошкодженого крохмалю мають і вищі значення WAC. Наприклад, у зразка 1 найнижчий вміст пошкодженого крохмалю ($SD = 14,1$ UCD) та найнижча WAC (55,6%), тоді як у зразка 5 зі значенням $SD = 22,0$ UCD водопоглинальна здатність становить 57,3%. Цей зв'язок свідчить про те, що пошкоджений крохмаль значно впливає на здатність борошна вбирати воду.

Таблиця 4.3 – Показники SRC тесту

Зразок	SRC	SRC	SRC	SRC	GPI
	WA, %	SUC, %	CAR, %	LAC, %	
1 (Рівненська обл.)	67	100	88	132	0,70
2 (Черкаська обл.)	60	82	73	113	0,73
3 (Миколаївська обл.)	63	85	82	122	0,73
4 (Київська обл.)	60	78	76	118	0,77
5 (Волинська обл.)	61	84	78	145	0,90

Показник SRC WA (%) характеризує поглинання води борошном за методом розчинного крохмалю (SRC), що є більш точним підходом до оцінки здатності борошна вбирати воду. Цей показник залежить від вмісту білка, пошкодженого крохмалю та структурних компонентів борошна, які впливають на консистенцію тіста. Високе значення SRC WA свідчить про більшу здатність до утримання води, що є важливим для виробів, де потрібна розвинута структура тіста. У досліджених зразках значення SRC WA варіюються від 60% у зразків 2 (Черкаська обл.) та 4 (Київська обл.) до 67% у зразка 1 (Рівненська обл.). У зразків 3 (Миколаївська обл.) та 5 (Волинська

обл.) значення становлять 63% та 61% відповідно. Порівнюючи значення SRC WA із WAC (таблиця 2), спостерігається певний взаємозв'язок. Наприклад, зразок 1 має найвищий показник SRC WA (67%) і порівняно низький показник WAC (55,6%), що може свідчити про те, що метод SRC враховує інші властивості борошна, зокрема вплив структурних компонентів. У зразка 2 показник SRC WA (60%) та WAC (57,9%) демонструють близькі значення, що вказує на схожі поглинальні властивості в обох тестах. В інших зразках значення також співвідносяться, але SRC WA, як правило, дещо вище, що відображає більшу чутливість цього методу до особливостей борошна.

Показник SRC SUC (%) характеризує поглинання сахарози борошном за методом SRC. Цей показник відображає здатність водорозчинних компонентів борошна (таких як білки та інші водорозчинні речовини) зв'язувати сахарозу, яка є важливим фактором для виробів, де потрібна розвинута структура тіста та утримання газів. Вищі значення SRC SUC можуть свідчити про більшу активність водорозчинних білків і компонентів борошна, що впливають на якість тіста. У досліджених зразках показник SRC SUC варіюється від 78% у зразка 4 (Київська обл.) до 100% у зразка 1 (Рівненська обл.). У зразків 2 (Черкаська обл.), 3 (Миколаївська обл.) та 5 (Волинська обл.) значення становлять 82%, 85% та 84% відповідно. Найвищий показник SRC SUC у зразка 1 може вказувати на більш високий вміст водорозчинних білків або активних компонентів.

Показник SRC CAR (%) характеризує здатність борошна поглинати карбонати, що є важливим показником взаємодії між крохмалем, білками та іншими структурними компонентами борошна. Цей показник дозволяє оцінити активність пошкодженого крохмалю та здатність компонентів борошна утримувати карбонати, що впливає на структуру тіста.

У досліджених зразках значення SRC CAR варіюються від 73% у зразка 2 (Черкаська обл.) до 88% у зразка 1 (Рівненська обл.). У зразків 3 (Миколаївська обл.), 4 (Київська обл.) та 5 (Волинська обл.) значення становлять 85%, 76% та 84% відповідно.

Показник SRC LAC (%) характеризує здатність борошна поглинати лактат натрію, що дозволяє оцінити якість глютену та структурних компонентів борошна, які впливають на еластичність і міцність тіста. Значення понад 120% свідчать про хороші властивості глютену, а значення понад 140% вказують на високі властивості.

У досліджених зразках найвищий показник SRC LAC спостерігається у зразка 5 (Волинська обл.) — 145%, що свідчить про високі властивості глютену. Хороші властивості глютену демонструють зразки 1 (Рівненська обл.) із показником 132%, зразок 3 (Миколаївська обл.) із 122% та зразок 4 (Київська обл.) із 118%. У зразка 2 (Черкаська обл.) значення становить 113%, що не досягає рівня хороших властивостей глютену.

Показник GPI характеризує індекс функціональності глютену, відображаючи співвідношення між кількістю води, яка добре утримується білками, та водою, що поглинається через пошкоджений крохмаль і пентозани. Значення в межах більше 0,70–0,75 свідчать про дуже хорошу функціональність глютену, що забезпечує оптимальні властивості тіста.

У досліджених зразках значення GPI варіюються від 0,70 у зразка 1 (Рівненська обл.) до 0,90 у зразка 5 (Волинська обл.). У зразків 2 (Черкаська обл.) та 3 (Миколаївська обл.) показник становить 0,73, а у зразка 4 (Київська обл.) — 0,77. Зразок 5 із найвищим значенням (0,90) демонструє дуже високу функціональність глютену та оптимальне утримання води. Зразки 2, 3 і 4 також мають дуже хорошу функціональність, оскільки їхні значення знаходяться у межах 0,70–0,75 і вище. Зразок 1 із показником 0,70 досягає мінімальної межі хорошої функціональності, але поступається іншим зразкам за здатністю до утримання води.

Таблиця 4.4 – Показники альвеографу

Зразок	P, мм вод. ст.	L, мм	G	W, од. ал.	P/L	Ie, %
1 (Рівненська обл.)	96	56	16,6	198	1,71	49,8
2 (Черкаська обл.)	54	104	22,6	178	0,52	56,9
3 (Миколаївська обл.)	91	72	18,8	238	1,26	59,0
4 (Київська обл.)	60	101	22,3	189	0,59	53,9
5 (Волинська обл.)	75	113	23,6	259	0,66	60,8

Показник P характеризує міцність тіста, тобто максимальний тиск, який може витримати тісто перед розривом. Він відображає міцність клейковинного каркасу, що забезпечує здатність тіста утримувати гази під час бродіння та випікання. Значення P варіюються в широких межах серед зразків. Зразок 1 (Рівненська обл.) має найвищий показник — 96 мм, що свідчить про дуже міцний клейковинний каркас. Зразок 3 (Миколаївська обл.) зі значенням 91 мм також демонструє високу міцність. Середні значення показали зразки 4 (Київська обл.) і 5 (Волинська обл.) — 60 мм і 75 мм відповідно. Зразок 2 (Черкаська обл.) має найнижчий показник — 54 мм, що вказує на слабку міцність тіста.

Показник L характеризує розтяжність тіста, тобто здатність тіста розтягуватися перед розривом. Висока розтяжність починається з рівня понад 100 мм. У досліджених зразках зразок 1 (Рівненська обл.) має низький рівень розтяжності — 56 мм. Середнє значення демонструє зразок 3 (Миколаївська

обл.) — 72 мм. Високу розтяжність мають зразки 2 (Черкаська обл.) і 4 (Київська обл.) зі значеннями 104 мм і 101 мм відповідно. Найвищу розтяжність демонструє зразок 5 (Волинська обл.) — 113 мм.

Показник G демонструє розтяжність тіста з урахуванням його міцності. Зразок 1 (Рівненська обл.) має значення 16,6, що вказує на слабку розтяжність тіста. Зразок 3 (Миколаївська обл.) демонструє значення 18,8, а зразок 4 (Київська обл.) — 22,3. Найвищу розтяжність демонструють зразки 2 (Черкаська обл.) і 5 (Волинська обл.) зі значеннями 22,6 і 23,6 відповідно.

Показник W характеризує енергію деформації тіста, тобто здатність тіста акумулювати і витримувати навантаження під час обробки. Значення вимірюються в одиницях алвеографа (од. ал.). Найменшу енергію має зразок 2 (Черкаська обл.) — 178 од. ал., що свідчить про слабе тісто. Середні значення демонструють зразки 1 (Рівненська обл.) і 4 (Київська обл.) — 198 од. ал. і 189 од. ал. відповідно. Найвищі показники мають зразки 3 (Миколаївська обл.) і 5 (Волинська обл.) — 238 од. ал. і 259 од. ал.

Показник P/L демонструє співвідношення міцності до розтяжності й може бути неоптимально низьким (менше 0,5), низьким (0,5–0,8), середнім або оптимальним (0,8–1,2), високим (1,2–1,5) або неоптимально високим (понад 1,5). У зразка 1 (Рівненська обл.) показник становить 1,71, що є неоптимально високим, свідчить про надмірну міцність і недостатню розтяжність тіста. Зразок 3 (Миколаївська обл.) демонструє високе, але ще прийнятне значення — 1,26. Низьке співвідношення мають зразки 4 (Київська обл.) і 5 (Волинська обл.) — 0,59 і 0,66 відповідно, що може бути прийнятним для машинної обробки, але не забезпечує оптимального балансу міцності та розтяжності. У зразка 2 (Черкаська обл.) показник 0,52, що є низьким і наближається до неоптимально низького, свідчить про перевагу розтяжності над міцністю.

Показник Ie є загальним індексом збалансованості властивостей тіста. Найвищі значення мають зразки 5 (Волинська обл.) — 60,8% і 3 (Миколаївська обл.) — 59%. Середнє значення демонструє зразок 4 (Київська обл.) —

53,9%. Найнижчі показники мають зразки 1 (Рівненська обл.) і 2 (Черкаська обл.) — 49,8% і 56,9% відповідно. Ці значення свідчать про варіативність загальної якості тіста між зразками.

Аналіз показників якості борошна, представлених у дослідженні, свідчить, що найкращим вибором для виготовлення круасанів є борошно зі зразка 5 (Волинська область). Це борошно характеризується високим вмістом білка (12,7%) і клейковини (27,2%), що забезпечує міцну і еластичну структуру тіста. Високий показник функціональності глютену ($GPI = 0,90$) та показник поглинання лактату натрію ($SRC\ LAC = 145\%$) також свідчать про високі властивості цього борошна для круасанів, де важлива еластичність тіста. Показники альвеографу підтверджують оптимальну міцність та розтяжність тіста, необхідну для ламінованих виробів.

Відмінність цього борошна від інших зразків полягає у його збалансованих показниках якості. Наприклад, зразок 1 (Рівненська область) має високу міцність ($P = 96$ мм), але недостатню розтяжність, що робить його менш придатним для виготовлення круасанів. У зразків 2 (Черкаська область) та 4 (Київська область) низьке співвідношення міцності до розтяжності ($P/L = 0,52$ і $0,59$ відповідно), що свідчить про надмірну м'якість тіста. У зразка 3 (Миколаївська область) кращий баланс міцності та розтяжності, проте він поступається за загальним індексом функціональності ($GPI = 0,73$).

Отже, борошно зі зразка 5 забезпечує оптимальні властивості для виробництва круасанів завдяки збалансованому поєднанню високої якості клейковини, міцності і розтяжності тіста. Його відмінні показники, такі як висока енергія деформації тіста ($W = 259$ од. ал.), дозволяють отримати вироби з гарною структурою і текстурою, що відповідають найвищим стандартам для цього типу продукції.

РОЗДІЛ 5 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Характеристика сировини та готової продукції

Зерно твердої та м'якої пшениці всіх класів має бути в здоровому стані, не зіпріле та без теплового пошкодження; мати властивий здоровому зерну запах (без затхлого, солодового, пліснявого, гнильного, полинного, сажкового, запаху нафтопродуктів тощо); мати властивий зерну колір; не дозволено зараження пшениці шкідниками зерна.

Пшеницю, що внаслідок несприятливих умов дозрівання, збирання чи зберігання втратила свій природний колір, визначають як «знебарвлену» і зазначають ступінь знебарвленості. Для зерна м'якої пшениці 1—3 класів дозволено перший і другий ступені, для 4-го класу — будь-який ступінь знебарвленості.

Залежно від показників якості зерно м'якої пшениці поділяють на чотири класи відповідно до вимог, зазначених у табл. 5.1. М'яку пшеницю 1-3 класів використовують для продовольчих (переважно в борошномельній та хлібопекарській галузях) потреб і для експортування. Пшеницю 4-го класу використовують на продовольчі й непродовольчі потреби та для експортування. На вимогу замовника в зерні м'якої та твердої пшениці можна визначати інші показники якості, які не є класоутворювальними: вміст зерен пошкоджених клопом-черепашкою, силу борошна за альвеографом, індекс седиментації тощо відповідно до чинних методик.

Вологість зерна та вміст домішок у партії зерна пшениці допускають вище від граничних норм за згодою сторін, у разі технологічних можливостей доведення такого зерна до показників якості.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.78-03.ІІІ.5.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Орден Є.О.			Розділ 5	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волощенко О.С.					45	
Консультант					<i>ОНТУ</i>			
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						

У разі невідповідності граничній нормі якості зерна м'якої пшениці хоча б за одним показником її переводять у відповідний за якістю клас. У разі невідповідності показників кількості та якості клейковини мінімальним вимогам 1-3 класів пшеницю переводять у 4-й клас за умови дотримання вимог щодо інших показників якості.

Таблиця 5.1 – Показники якості зерна м'якої пшениці по класах згідно з ДСТУ 3768-2019 «ПШЕНИЦЯ. Технічні умови» [24]

Показники	На продовольчі потреби та для експортування			На продовольчі і непродовольчі потреби та для експортування
	1 класу	2 класу	3 класу	4 класу
Натура, г/л, не менше	775	750	730	не обмежено
Склоподібність, %, не менше	50	40	не обмежено	не обмежено
Вологість, %, не більше	14,0	14,0	14,0	14,0
Зернова домішка, %, не більше	5,0	8,0	8,0	15,0
Сміттєва домішка, %, не більше	1,0	2,0	2,0	3,0
Масова частка білка на с.р., %, не менше	14,0	12,5	11,0	не обмежено
Масова частка сирій клейковини, %, не менше	28,0	23,0	18,0	не обмежено
ІДК, од, не менше	45-100	45-100	45-100	не обмежено
Число падіння, с, не менше	220	220	180	не обмежено
<i>РЕКОМЕНДОВАНО:</i>				
Пошкодження клопом-черепашкою, %, не більше	1	2	2	не обмежено
Сила борошна W, од. ал., не менше	220	160	130	не обмежено

При визначенні зернової домішки до неї відносять:

- зерна пшениці невиповнені, пророслі, пошкоджені теплом;
- зерна із забарвленим зародком: у м'якій пшениці 1-3 класів — понад 8 %, у м'якій пшениці 4-го класу — понад 30 %;
- зерна пшениці биті та поїдені шкідниками, незалежно від характеру їхніх пошкоджень;
- зерна злакових культур, що, відповідно до стандартів на ці культури, не належать за характером їхніх пошкоджень до смітцевої домішки;
- у м'якій пшениці 4-го класу — зерна та насіння зернових і зернобобових культур, крім насіння сої, що за характером їхніх пошкоджень, відповідно до стандартів на ці культури, належать до зернової домішки.

При визначенні смітцевої домішки до неї відносять:

- прохід крізь сито з отворами розміром 1,0 мм × 20,0 мм, що належить до мінеральної домішки, зокрема і шкідливу домішку;
- у залишку на ситі з отворами розміром 1,0 мм × 20,0 мм:
 - мінеральну, органічну та шкідливу домішки; зіпсовані зерна пшениці, жита, тритикале, ячменю;
 - частини зерен пшениці, жита, тритикале, ячменю з повністю виїденим ендоспермом.

В даній кваліфікаційній роботі передбачено виробництво борошна пшеничного сортового по сортах (вищий та перший). Сортове борошно – це частинки подрібненого зерна пшениці, що отримані при вибіркового подрібненні зерна пшениці, і являють собою в основному частинки подрібненого ендосперму з невеличкою часткою подрібнених оболонки, зародку та алейронового шару.

За органолептичними та фізико-хімічними показниками сортове борошно пшеничне повинне відповідати вимогам, що наведено у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники якості борошна згідно з ГСТУ 46.004-99 «БОРОШНО ПШЕНИЧНЕ. Технічні умови» [8]

Найменування показників	Вищий сорт	Перший сорт
Колір	білий або білий з жовтим відтінком	
Запах	властивий пшеничному борошну, без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий	
Смак	властивий пшеничному борошну, без сторонніх присмаків, не гіркий	
Вологість, %, не більше	15,0	15,0
Зольність, %, не більше	0,55	0,75
Білість, од.	54,0 і більше	36,0-53,0
Крупність помелу, - залишок на ситі, %, не більше - прохід крізь сито, %, не менше	49/52 – 5 —	33/36 – 2 49/52 – 80
Сира клейковина, %, не менше	24,0	25,0
Число падіння, с, не менше	160	160
ММД, мг на 1кг, не більше	3,0	
Зараженість шкідниками хлібних запасів	не допускається	

Максимально допустимий рівень умісту в крупах токсичних елементів, мікотоксинів, радіонуклідів і пестицидів наведено у табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Максимально допустимий рівень умісту шкідливих речовин у борошні згідно з ГСТУ 46.004-99 «БОРОШНО ПШЕНИЧНЕ. Технічні умови» [8]

Показники	Максимально допустимий рівень
Токсичні елементи, мг/кг	
- свинець	0,5
- кадмій	0,1
- арсен	0,2
- ртуть	0,02
- мідь	10,0
- цинк	50,0
Мікотоксини, мг/кг	
- афлатоксин В1	0,005
- зеараленон	1,0
- Т-2 токсин	0,1
- вомітоксин (ДОН)	0,5
Радіонукліди, Бк/кг	
- стронцій-90	5,0
- цезій-137	20,0
Пестициди	згідно з МБТ № 5061

За органолептичними та фізико-хімічними показниками висівки пшеничні повинні відповідати вимогам, що наведено у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Показники якості висівок пшеничних згідно з ДСТУ 3016-95 «ВИСІВКИ КОРМОВІ ПШЕНИЧНІ І ЖИТНІ. Технічні умови» [25]

Найменування показників	Висівки пшеничні
Зовнішній вигляд	сухий сипучий продукт без щільних грудок
Колір	червоно-жовтий з сіруватим відтінком
Запах	властивий висівкам, без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий
Смак	—
Вологість, %, не більше	15,0
Вміст протеїна, %, не менше	14,0
Вміст сирової клітковини, %, не більше	9,0
Кислотне число жиру, мг КОН, не більше	50,0
ММД, мг на 1кг, не більше	5,0
Зараженість шкідниками хлібних запасів	не допускається
Токсичність	не допускається

5.2 Опис технологічної схеми зерноочисного відділення

Завод з переробки пшениці на борошно згідно з даним проектом має продуктивність 125 т/доб.

Технологічний процес переробки зерна регламентується «Правилами...» [26], а борошномельний завод складається з 3-х відділень:

- зерноочисного (підготовчого),
- розмелювального,
- готової продукції (фасувального).

У зерноочисному відділенні зерно пшениці очищають від домішок, проводять очищення поверхні зерна та підготовку зерна шляхом вологотеп-

лової обробки (ВТО) та формування помельної партії. Крім того, у зерноочисному відділенні здійснюють контроль відходів та грануляцію висівок (при наявності відповідного технологічного обладнання) [5,27,28].

Зерно, яке направляється в зерноочисне відділення борошномельного заводу, повинно відповідати обмежувальним кондиціям [26]. До цих норм зерно доводять на підготовчому елеваторі. При цьому зерно попередньо очищають, при необхідності сушать та формують парії зерна в залежності від заданої якості готової продукції. Формування партій зерна повинно бути добре сплановано, так як від цього залежить ефективність переробки всього зерна та його раціональне використання.

Все обладнання у даному проекті запроектовано виробництва фірми Alapros (крім обладнання для автоматичного контролю та регулювання вологості виробництва Buhler).

Згідно зі схемою зерно поступає з елеватору за допомогою ланцюгового конвеєру TZK 16/16 №1, норії ТКЕ 316 №1, ланцюгових конвеєрів № 1 в 6 бункерів (3 бункери секції А та 3 бункери секції В) загальною ємністю для кожної секції ($E_{заг}=300$ т), місткість яких прийнята з урахуванням знаходження в них зерна протягом 48 год роботи заводу.

У зерноочисному відділенні обладнання запроектовано у один потік. Змішування різних компонентів помельної партії здійснюється шляхом попереминої подачі спочатку високосклоподібного, потім – низькосклоподібного компонентів помельної партії.

Зерно з бункерів для неочищеного зерна через випускні воронки та засувки SGP 170 надходить до регуляторів потоків FBL 25. Електронні дозатори встановлюють після кожного бункера і регулюють величину потоку зерна з бункера, а далі зерно подається на шнек TVH-200 №1, магнітний сепаратор MGS 150 та норію ТКЕ 316 № 2. За допомогою норії зерно направляється на п'ятий поверх і далі – на зважування на автоматичні ваги ESB 150.

Очищення зерна починається на ситовому сепараторі VGS 100/150 та пневмоканалі АСН 1000. На даному обладнанні виділяється більшість домішок, які відрізняються від основного зерна за шириною, товщиною та аеродинамічними властивостями. У сепараторі встановлено 2 сита: верхнє Ø 7,0 мм – для виділення сходом крупних (грубих) домішок, нижнє Δ 3,5 мм – для виділення проходом дрібного зерна та дрібних домішок. Ефективність очищення за сміттевою домішкою – не менше 80%.

Усі домішки, у т.ч. легкі домішки після тарару (пневмоканалу), направляються на контроль відходів (разом для обох секцій) за допомогою конвеєру TVH-200 №6, норії ТКЕ 316 № 7. Спочатку відходи зважуються у вагах ESB 60, зберігаються у бункері відходів ємністю 3 т, що при базисної кількості відходів 2,2% забезпечить зберігання на протязі 9 год. Бункер розвантажуються за допомогою віброднища VDB 130, крізь магніт MGS 60, поступають на бурат, а потім – на молоткову дробарку і далі направляються на гранулювання.

Прохід сита Ø 7,0 мм та схід сита Δ 3,5 мм (очищене зерно) направляється на каменевідбірник CDS 120, де ефективно відділяються мінеральні домішки. Ефективність очищення зерна від мінеральних домішок – 98-99%.

Після третього підйому норією ТКЕ 316 № 3 крізь магнітний сепаратор MGS 150 зерно поступає на оббивальну машину SCR 30/130 та пневмоканал АСН 1000. Машина призначена для очищення поверхні зерна від мінеральної домішки, часткового зняття борідки, зародка і надірваних оболонок. Ефективність очищення зерна контролюється зменшенням зольності на 0,03-0,05%. Очищене зерно виводиться з машини через випускний патрубк, а відходи видаляються через нижню воронку для пилу та направляються на контроль відходів (див. вище).

Далі зерно поступає у трієрний блок TRU 900. На куколевідбирнику за допомогою комірок розміром Ø 4,25 мм виділяють кукуль, на вівсюговідбирнику за допомогою комірок розміром Ø 11 мм виділяють вівсюг. Обидві

домішки спрямовують на контроль відходів. Ефективність обох машин по виділенню домішок – не менше 80%.

Далі розташована машина MYFE-10, в якій здійснюється вимірювання вологості. Ця інформація передається на регулятор витрат води MOZH-1000, який автоматично регулює кількість води в залежності від початкової вологості зерна. Зволожено зерно конвеєром TVH-200 № 2 розподіляється по 2-х бункерах для першого відволоження загальної ємністю 186 т. Бункери забезпечують перше відволоження протягом до 24 годин.

Зерно з кожного бункеру для першого відволоження спливає у випускні воронки та засувки SGP 170 зі швидкістю, встановленою регуляторами потоку FBL 25, далі шнеком TVH-200 №4 і норією ТКЕ 316 № 4 подається на пневмосепаратор CASCADE 400, зволожується MOZH-315 та шнеком TVH-200 №4 і спрямовується на друге відволоження у бункері ємністю 93 т протягом до 12 годин.

Зерно з бункеру для другого відволоження спливає у випускні воронку, засувку SGP 170 зі швидкістю, встановленою регулятором потоку FBL 25, далі шнеком TVH-200 №5 і норією ТКЕ 316 № 6 подається крізь магнітний сепаратор MGS 150 на оббивальну машину SCR 30/130 та пневмоканал АСН 1000.

Повністю очищене та підготовлене зерно зберігається у оперативному бункері ємністю 4 тони, зважується у автоматичних потокових вагах ESB 150, контролюється на магнітні домішки у MGS 150 та легкі домішки у CASCADE 400 і направляється на розмелювання.

5.3 Вибір, розрахунок та підбір технологічного обладнання зерноочисного відділення

Продуктивність борошномельного заводу складає 125 т / доб. Проектуємо зерноочисне відділення на обладнанні виробництва Alapros, крім обладнання для автоматичного контролю та регулювання вологості виробництва Buhler.

Продуктивність зерноочисного відділення для розрахунку технологічного та транспортного обладнання для забезпечення стабільної роботи розмелювального відділення розраховуємо із коефіцієнтом збільшення продуктивності 1,2 [29].

$$q_{з.оч} = 130 / 24 \cdot 1,2 = 5,4 \text{ т/год.}$$

Кількість бункерів розраховуємо за формулою:

$$N = q \cdot t / (E16)$$

де q – продуктивність заводу, $q = 5,4$ т/год;

t – час перебування зерна в бункерах;

$E16$ – ємність одного бункеру.

Ємність одного бункеру розраховуємо за формулою:

$$E16 = a \cdot b \cdot h \cdot \gamma \cdot k$$

де a – ширина одного бункера, м;

b – довжина одного бункера, м;

h – висота бункера, м, в залежності від висоти поверху;

γ – натура зерна. Для сухого зерна пшениці – $0,75 \text{ т/м}^3$, зволоженого зерна пшениці – $0,70 \text{ т/м}^3$, відходів – $0,50 \text{ т/м}^3$;

k – коефіцієнт використання будівельного об'єму бункеру (0,85...0,95).

Розрахунок кількості бункерів наведений у табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Розрахунок бункерів

Бункери	Габаритні розміри, а x b x h, м	Об'єм бункера V, м ³	Натура продукту γ, кг/м ³	Кв бункеру	Ємність бункеру Е1, т	Тривалість знаходження продукту Трозр, год	Вихід продукції, %	К-ть бункерів розрахункова Nрозр	К-ть бункерів прийнята Nфакт	Тривалість знаходження продукту Тфакт, год
Для неочищеного зерна	2,8 x 3,6 x 14,7	148	0,75	0,9	100	48	100	1,2	3	115
Для першого відволоження	2,8 x 3,6 x 14,7	148	0,70	0,9	93	24	100	0,7	2	72
Для другого відволоження	2,8 x 3,6 x 14,7	148	0,70	0,9	93	12	100	0,3	1	36
Перед помелом	1,2 x 1,2 x 4	6	0,70	0,9	4	0,5	100	0,4	1	1,4
Для відходів	1,2 x 1,2 x 4	6	0,50	0,9	3	24	2,2	0,5	1	45
Для борошна	3,6 x 3,6 x 18,0	233	0,50	0,9	105	120	100	3,0	8	322

Необхідну кількість технологічного обладнання підготовчого відділення визначаємо за добовою продуктивністю зерноочисного відділення 6,25 т/год.

Продуктивність машин зерноочисного обладнання (qm) визначаємо за паспортними даними.

Необхідну кількість машин знаходимо за формулою:

$$N_m = qz.оч / q_m$$

Результати розрахунку зведені у табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Розрахунок кількості обладнання зерноочисного відділення

Тип обладнання	Марка	Балансо ве навантаження, %*	qзоч, т/год	qm, т/год	К-ть розрах.	К-ть прийма а
Магнітний сепаратор	MGS 150	6,3	12	0,5	1	6,3
Ваги	ESB 150	6,3	7	0,9	1	6,3
Ситовий сепаратор	VGS 100/150	6,3	7	0,9	1	6,3
Пневмоканал	ACH 1000	6,3	9	0,7	1	6,3
Каменевідбирник	CDS 180	6,3	9	0,7	1	6,3
Магнітний сепаратор	MGS 150	6,3	12	0,5	1	6,3
Оббивна машина	SCR 30/130	6,3	8	0,8	1	6,3
Пневмоканал	ACH 1000	6,3	9	0,7	1	6,3
Трієрна група	TRU 900	6,3	9	0,7	1	6,3
Контроль вологості (вимірювач)	MYFE-10	6,3			1	6,3
Контроль вологості (регулятор потоку)	MOZH-1000	6,3			1	6,3
Пневмосепаратор	CASCADE 400	6,3	9	0,7	1	6,3
Контроль вологості (регулятор потоку)	MOZH-315	6,3			1	6,3
Магнітний сепаратор	MGS 150	6,3	12	0,5	1	6,3
Оббивна машина	SCR 30/130	6,3	7	0,9	1	6,3
Пневмоканал	ACH 1000	6,3	9	0,7	1	6,3
Ваги	ESB 150	6,3	7	0,9	1	6,3
Магнітний сепаратор	MGS 150	6,3	12	0,5	1	6,3
Пневмосепаратор	CASCADE 400	6,3	9	0,7	1	6,3
Ваги (для відходів)	ESB 60	0,1	4	0,0	1	0,1
Магнітний сепаратор	MGS 120	0,1	7	0,0	1	0,1
Бурат		0,1			1	0,1
Молоткова дробарка		0,1			1	0,1

5.4 Опис технологічної схеми розмелювального відділення

Схема розмелювального відділення млинзаводу продуктивністю 12,5 т/год (варіант 1) побудована на 4 драних (B1–B4), 3 вимельних (Br1–Br3), 2 сортувальних (D1–D2), 2 ситовіальних (P1–P2), 1 шліфувальної (S1),

7 розмелювальних (M1–M7) та 2 сходових розмелювальних (C1–C2) системах.

Перший процес – **драний**. Він розвинений і включає 4 системи. В1, В2 – перша та друга драні системи першої якості (крупноутворюючі системи). Ці системи призначені для отримання проміжних продуктів. Крупна крупка йде на збагачення на першу ситовіальну систему (P1), середня та дрібна крупки – на другу ситовіальну систему (P2). В3 – третя драна (крупноутворююча система) – теж система першої якості, але на ній серед крупок утворюються тільки середня та дрібна крупки, які спрямовуються одразу на розмелювання на 3 розмелювальну систему (M3). Дунсти з перших трьох драних систем додатково сортуються на першій сортувальній системі (D1). Верхні сходи, відповідно, направляють на першу та другу вимельні системи (Br1 та Br2). В4 – четверта драна – система вимелу. Верхній сход спрямовують на третю вимельну систему (Br3) з метою вимелу ендосперму з оболонкових продуктів – максимального відокремлення ендосперму у вигляді борошна від висівкових частинок при мінімальному їх подрібненні і формування з них побічного продукту помелу – висівок. Дунсти вимелу з четвертої драної системи направляють на пересів на другу сортувальну систему (D2) та на п'яту розмелювальну систему (M5).

Сортувальні системи призначені для додаткового просіювання продуктів, отриманих на драних системах. Як правило, на них спрямовують дрібні проміжні продукти у вигляді суміші дрібної крупки, дунстів та борошна, з метою їх розділення на окремі фракції. У даному проекті запропоновано сортувальний процес за скороченою структурою, який складається тільки з двох систем. На першій сортувальній системі (D1) сортуються продукти першої якості з перших трьох драних систем, які є крупноутворюючими, на другій сортувальній системі (D2) – з останньої драної системи.

Для реалізації вибіркового подрібнення при сортовому помелі після первинного подрібнення на крупноутворюючих системах застосовуються си-

товіальні машини, які забезпечують збагачення проміжних продуктів шляхом відокремлення оболонкових частинок від крупок та дунстів. У запропонованій схемі процес збагачення скорочений, передбачає збагачення тільки продуктів першої якості з перших двох драних систем – крупної крупки (P1) і середньої та дрібної крупок (P2).

Шліфувальний процес завершує підготовку проміжних продуктів до їх розмелювання в борошно відповідних сортів. У даному проекті він складається з однієї системи. Шліфують крупну, середню та дрібну крупку перших двох драних систем після їх збагачення у ситовіальній машині. Мета процесу шліфування крупок – відокремлення від них оболонок, які знаходяться у зростках з частинками ендосперму та не можуть бути відокремлені без впливу будь-якої механічної дії. Ця механічна дія забезпечується деформацією стиску між вальцями з мікрошорсткою поверхнею при мінімальної різниці у швидкості обертання швидкохідного та повільнохідного вальців ($k=1,25$).

Розмелювальний процес призначений для розмелювання підготовлених крупок та дунстів до крупності, яка відповідає крупності борошна. У даному проекті він включає 9 систем – 7 розмелювальних систем та 2 сходових розмелювальних систем. Призначення розмелювальних систем – безпосереднє розмелювання проміжних продуктів та отримання борошна, призначення сходових розмелювальних систем – розмелювання сходових продуктів (верхніх сходів) з попередніх шліфувальних та розмелювальних систем, а також з ситовіальних систем. У даних сходах концентруються подрібнення периферичні частинки (зародок та оболонки), тому на сходових розмелювальних системах застосовують більш м'які режими подрібнення з метою запобігання подрібненню оболонкових частинок і потраплянню їх у борошно. На першій сортувальній системі при встановленні певного сита можливе отримання самостійного продукту – пшеничних зародкових пластівців, зазвичай цей потік направляють у висівки.

За якістю системи поділені наступним чином:

перша, друга та третя (M1/M2, M3) – системи першої якості,
перша сходова (C1) та четверта, п'ята (M4, M5) – системи другої якості,

друга сходова (C2) та шоста, сьома (M6, M7) – системи вимелу.

Особливістю запропонованої схеми є застосування восьмивальцьових верстатів тільки на перших двох розмелювальних системах (M1/M2), що забезпечує розмелювання продуктів без їх проміжного просіювання у розсійниках й призводить до зниження енергоємності помелу за рахунок економії витрат на пневмосортування великої кількості продуктів, які утворюються на головних системах. Також це дозволяє економити площі приміщення та зменшити капітальні втрати на будівлю. Як правило, такий технологічний прийом застосовується як раз на цих системах, тому що його ефективність з токи зору збереження енергії на них максимальна.

Крім даного технологічного прийому, є також застосування такого технологічного прийому як направлення деяких продуктів з високим вмістом оболонкових часток на окремі системи, мінуючи вальцьові верстати:

на розсійник:

– з третьої вимельної системи (Br3) схід направляється на розсійник другої сходової розмелювальної системи (C2pl), мінуючи вальцьовий верстат даної системи;

або на ентолейтор:

– з другої сортувальної системи (D2) нижній схід направляється на ентолейтор першої сходової розмелювальної системи (C1det), мінуючи вальцьовий верстат даної системи.

Запропонована схема багатосортного сортового помелу з виходом борошна 78 % та висівок 19,1% характеризується скороченою структурою і є економічним варіантом, що зменшує капітальні витрати та є кращим варіантом за показником вартість/якість.

5.5 Розрахунок балансу переробки зерна

Баланс представляє собою рівність кількісних або якісних показників продуктів, що поступають на окрему систему, етап технологічного процесу або весь технологічний процес, та продуктів, які виходять з нього.

Вихід продуктів переробки зерна планується або згідно з базисних норм [2], або, у випадку застосування удосконалених технологій, з урахуванням збільшення виходу основної готової продукції.

При переробці зерна пшениці базисних кондицій у сортове борошно 78 %-ного виходу при двохсортному помелі за розвиненою структурою отримують такі продукти згідно базису [2]:

- борошно вищого сорту – 55-65%;
- борошно другого сорту – 13-23%;
- висівки – 19,1%;
- відходи I-II категорії (кормопродукти) – 2,2%;
- відходи III категорії (механічні втрати) – 0,7%.

Але ці вимоги вже застаріли, не враховують кращу ефективність сучасного технологічного обладнання, особливо з використанням сучасних систем автоматизації для регулювання та контролю вологості зерна, а також регулювання режимів вальцьових верстатів. Практика діючих сучасних підприємств показала можливість виробництва при двохсортних помелах – борошна вищого сорту з виходом 58-65 %, борошна першого сорту з виходом 13-20%; при трьохсортних помелах – борошна вищого сорту з виходом 58-65 %, борошна першого сорту з виходом 10-15%, борошна другого сорту з виходом 3-5%.

В технологічній схемі підготовки зерна згідно з проектом запропоновано використання системи автоматичного контролю та регулювання вологості зерна фірми Buhler – MYFE/MOZH, яка визначається високою точністю та дозволяє збільшити вихід та якість борошна.

Крім того, у проекті запропоновано виробництво спеціалізованого борошна (для круасанів) з окремих потоків за рахунок борошна вищого сорту.

Таким чином, буде реалізовано чотирьохсортний помел, для якого приймаємо наступні виходи готової продукції при переробленні зерна базисних кондицій:

- борошно спеціалізоване – 21%;
- борошно вищого сорту – 37%;
- борошно першого сорту – 15%;
- борошно другого сорту – 5%;
- висівки – 19,1%;
- відходи I-II категорії (кормопродукти) – 2,2%;
- відходи III категорії (механічні втрати) – 0,7%.

Схема помелу напіврозвинена:

– драний та розмелювальний процеси розвинені, але на перших двох системах розмелювального процесу використовуються восьмивальцьові верстати;

– ситовіальний та шліфувальний процеси скорочені, але у помелі застосовуються декілька технологічних прийомів для покращення якості готової продукції.

Розрахунок кількісного балансу наведений у графічній частині.

5.6 Вибір, розрахунок та підбір технологічного обладнання розмелювального відділення

Підбір і розрахунок обладнання розмелювального відділення проводять після складання схеми технологічного процесу і кількісного балансу помелу. Визначають кількість вальцьових верстатів, розсійників, ситовіальних машин, вимелювальних машин, віброцентрофугалів, ентолейторів і магнітних колонок.

Необхідну кількість основного технологічного обладнання розмелювального відділення (вальцьові верстати, розсійники, ситовійки) визначають по системах на основі балансового навантаження з розрахованого кількісного балансу і нормативних питомих навантажень на зазначене технологічне обладнання по системах [29]. Нормативні питомі навантаження приймають з урахуванням марки та ефективності технологічного обладнання. Необхідну довжину вальцьової лінії, площу просіюючої поверхні, ширину приймального сита ситовіальних машин по кожній системі розраховують окремо. Фактичні значення цих показників і кількість технологічного обладнання приймають з урахування типорозмірів обладнання.

Результати розрахунків довжини вальцьової лінії вальцьових верстатів, площі просіюючої поверхні розсійників, ширини приймального сита ситовіальних машин по системах наведені у табл. 5.7, 5.8, 5.9.

Правильність розрахунку і підбору технологічного обладнання установлюють на основі порівняння фактичних середніх питомих навантажень на це обладнання з нормативними. Фактичні середні питомі навантаження визначають за формулами:

$$q_l = Q \times 1000 / L_f;$$

$$q_f = Q \times 1000 / F_f;$$

$$q_b = Q \times 1000 / B_f;$$

де q_l, q_f, q_b – фактичне середнє питоме навантаження на вальцьову лінію вальцьових верстатів, площу просіюючої поверхні розсійників, ширину приймальних сит ситовіальних машин, відповідно;

L_f, F_f, B_f – загальна фактична довжина вальцьової лінії вальцьових верстатів, площа просіюючої поверхні розсійників, ширина приймальних сит ситовіальних машин, відповідно.

Таблиця 5.7 – Розрахунок вальцьової лінії вальцьових верстатів

Система	Балансове навантаження, %	Балансове навантаження, кг/добу	Питоме навантаження на 1 мм довжини вальця на і-тої системі нормативне, т/добу		Довжина лінії вальців на і-тої системі розрахункова, мм		Прийнятний типорозмір вальцьового верстату	Марка обладнання	Кількість 1/2 вальцьових верстатів прийнята, шт.	Повна довжина вальців 1/2 вальцьового верстату на і-тої системі прийнята, мм	Питоме навантаження на 1 мм довжини вальця на і-тої системі фактичне, т/добу
			мін.	макс.	мін.	макс.					
B1	97,1	145650	75	85	1714	1942	2x1250/250	SRM 250/1250	2	2500	58
B2	70,1	105150	55	65	1618	1912	2x1250/250	SRM 250/1250	2	2500	42
B3	40,9	61350	40	50	1227	1534	2x1250/250	SRM 250/1250	1	1250	49
B4	21,7	32550	20	30	1085	1628	2x1250/250	SRM 250/1250	1	1250	26
S1	14,6	21900	25	30	730	876	2x1250/250	SRM 250/1000	1	1250	18
M1/M2	24,4	36600	20	25	1464	1830	2x2x1250/250	DRM 250/1250	2	5000	15
M3	23,3	34950	25	30	1165	1398	2x1000/250	SRM 250/1000	1	1000	35
C1	6,0	9000	20	25	360	450	2x1000/250	SRM 250/1000	1	1000	9
M4	13,1	19650	17	22	893	1156	2x1000/250	SRM 250/1000	1	1000	20
M5	10,0	15000	17	22	682	882	2x1000/250	SRM 250/1000	1	1000	15
C2	4,1	6150	25	30	205	246	2x1000/250	SRM 250/1000	1	1000	6
M6	9,4	14100	20	25	564	705	2x1000/250	SRM 250/1000	1	1000	14
M7	6,9	10350	20	25	414	518	2x1000/250	SRM 250/1000	1	1000	10
									16	20750	

Таблиця 5.8 – Розрахунок площі просіюючої поверхні розсіюників

Система	Балансове навантаження, %	Балансове навантаження, кг/добу	Питоме навантаження на 1 м ² площі поверхні розсіюнику на і-тої системі нормативне, т/добу		Кількість секцій розсіюнику на і-тої системі розрахункова, шт.		Прийнятний типорозмір розсіюнику	Марка обладнання	Кількість секцій прийнята, шт.	Площа просіюючої поверхні на і-тої системі прийнята, м ²	Питоме навантаження на 1 м ² площі поверхні розсіюнику на і-тої системі
			мін.	макс.	мін.	макс.					
B1	97,1	145650	19,1	21,7	0,8	1,0	6x7,9	SPS 628 (G)	1	7,9	18,4
B2	70,1	105150	14	16,6	0,8	1,0	4x7,9	SPS 428 (G)	1	7,9	13,3
B3	40,9	61350	8,9	11,5	0,7	0,9	4x7,9	SPS 428 (G)	1	7,9	7,8
B4	21,7	32550	6,4	8,9	0,5	0,6	4x7,9	SPS 428 (G)	0,5	4,0	8,2
D1	14,0	21000	5,1	7,7	0,3	0,5	6x7,9	SPS 628 (G)	0,5	4,0	5,3
D2	7,3	10950	5,1	7,7	0,2	0,3	4x7,9	SPS 428 (G)	0,5	4,0	2,8
S1	14,6	21900	5,3	6,4	0,4	0,5	6x7,9	SPS 628 (G)	1	7,9	2,8
M1/M2	24,4	36600	7,4	9,6	0,5	0,6	6x7,9	SPS 628 (G)	1	7,9	4,6
M3	23,3	34950	6,4	8,5	0,5	0,7	6x7,9	SPS 628 (G)	0,5	4,0	8,8
C1det, C1	11,0	16500	5,3	6,4	0,3	0,4	6x7,9	SPS 628 (G)	0,5	4,0	4,2
M4	13,1	19650	4,3	5,3	0,5	0,6	6x7,9	SPS 628 (G)	0,5	4,0	5,0
M5	10,0	15000	4,3	5,3	0,4	0,4	6x7,9	SPS 628 (G)	0,5	4,0	3,8
C2pl, C2	9,4	14100	5,3	6,4	0,3	0,3	4x7,9	SPS 428 (G)	0,5	4,0	3,6
M6	9,4	14100	4,3	5,3	0,3	0,4	4x7,9	SPS 428 (G)	0,5	4,0	3,6
M7	6,9	10350	4,3	5,3	0,2	0,3	4x7,9	SPS 428 (G)	0,5	4,0	2,6
									10	79,0	

Таблиця 5.9 – Розрахунок ширини приймального сита ситовіальних машин

Система	Балансове навантаження, %	Балансове навантаження, кг/добу	Питоме навантаження на 1 погонний см ширини ситовіальної машини на і-тої системі нормативне, т/добу		Кількість секцій ситовіальної машини на і-тої системі розрахункова, шт		Прийнятний типорозмір ситовіальної машини	Марка обладнання	Кількість секцій прийнята, шт.	Ширина ситовіальної машини на і-тої системі прийнята, см	Питоме навантаження на 1 погонний см ширини ситовіальної машини на і-тої системі фактичне, т/добу
			мін.	макс.	мін.	макс.					
P1	16,0	24000	520	690	0,8	1,0	2x46	SPR 60/204	2	92	261
P2	27,0	40500	405	520	1,7	2,2	2x46	SPR 60/204	2	92	440
									4	184	

Розрахунок ентолейторів та вимельних машин по системах здійснюється на підставі балансового навантаження та продуктивності обладнання у відповідно до їх паспортних даних. Результати розрахунку наведені у табл. 5.10, 5.11.

Таблиця 5.10 – Розрахунок ентолейторів

Марка	Система	Балансове навантаження, %	Продуктивність секції, т/год	Продуктивність фм, т/год	К-ть розрахункова	К-ть прийнята
IDT 51/11 3000	D1	14,0	0,9	2,8	0,3	1
IDT 51/11 3000	M1/M2	24,4	1,5	2,8	0,5	1
IDT 51/7,5 3000	M3	23,3	1,5	1,7	0,9	1
IDT 43/4 1500	C1det, C1	11,0	0,7	2,5	0,3	1
IDT 43/4 3000	M4	13,1	0,8	2,5	0,3	1
IDT 51/5,5 3000	M5	10,0	0,6	1,0	0,6	1
IDT 43/4 1500	C2	4,1	0,3	2,5	0,1	1
IDT 43/4 3000	M6	9,4	0,6	2,5	0,2	1
IDT 51/5,5 3000	M7	6,9	0,4	1,0	0,4	1

Таблиця 5.11 – Розрахунок вимельних машин

Марка	Система	Балансове навантаження, %	Продуктивність секції, т/год	Продуктивність цм, т/год	К-ть розрахункова	К-ть прийнята
FBN 4010-7,5	Br1	17,0	1,1	1,8	0,6	1
FBN 4010-7,5	Br2	12,0	0,8	1,8	0,4	1
FBN 4010-7,5	Br3	16,7	1	1,8	0,6	1

Кількість магнітних колонок обираємо виходячи з їх розташування у технологічному процесі – перед вальцьовими верстатами кожної системи, крім першої драної, для якої магнітна колонка розрахована у зерноочисному відділенні. Також враховуємо, що на першій сортувальній системі додатково встановлений ентолейтор.

Марку і продуктивність магнітної колонки обираємо з паспортних даних. На драних та сортувальних системах встановлюємо магнітні колонки MGS 150, на шліфувальних та розмелювальних системах – MGS 120.

Кількість технологічного обладнання та показники технологічної характеристики розмелювального відділення наведені у табл. 5.12, 5.13.

Таблиця 5.12 – Кількість технологічного обладнання характеристика розмелювального відділення

Вид обладнання	Марка	Кількість, шт.
Вальцьовий верстат	SRM 250/1250	6
Вальцьовий верстат	DRM 250/1250	1
Вальцьовий верстат	SRM 250/1000	3
Розсійник	SPS 628 (G)	1
Розсійник	SPS 428 (G)	1
Ситовіальна машина	SPR 60/204	2
Вимельна машина	FBN 4010-7,5	3
Ентолейтор	IDT 51/11 3000	2
Ентолейтор	IDT 51/7,5 3000	1
Ентолейтор	IDT 51/5,5 3000	2
Ентолейтор	IDT 43/4 3000	2
Ентолейтор	IDT 43/4 1500	2
Магнітна колонка	MGS 150	7
Магнітна колонка	MGS 120	10

Таблиця 5.13 – Технологічна характеристика розмелювального відділення

Показник	Фактичне значення	Нормоване значення
$qL, \text{kg/cm} \cdot 24\text{h}$	72,3	70-75
L, mm	19750	
L(B), mm	7500	
L(S+M+C), mm	12250	
L(B)/L(S+M+C)	1:1,6	
$qF, \text{kg/m}^2 \cdot 24\text{h}$	1899	1740-1860
F, m^2	79	
F(B+D), m^2	35,55	
F(S+M+C), m^2	43,45	
F(B+D)/F(S+M+C)	1:1,2	
$qB, \text{kg/cm} \cdot 24\text{h}$	815	500-600
B, cm	184	

5.7 Технохімічний контроль виробництва. Застосування системи НАССР

Технохімічний контроль у борошномельному виробництві виконується для забезпечення стабільної якості продукції, ефективного використання сировини, дотримання технологічних норм та мінімізації втрат. Він дозволяє своєчасно виявляти відхилення у роботі обладнання та технологічних процесах, що забезпечує високу якість борошна і відповідність стандартам.

Основними завданнями технохімічного контролю є:

- контроль якісних характеристик зерна та борошна;
- оцінка ефективності роботи обладнання та технологічних процесів.

У зерноочисному відділенні контроль спрямований на забезпечення якісної підготовки зерна перед розмелюванням:

- Оцінка якості зерна: визначення вологості, смітцевої та зернової домішок, зараженості шкідниками.
- Контроль ефективності очищення: перевірка роботи сепараторів, аспіраційних систем, трієрів та магнітних сепараторів.

Аналіз підготовки зерна: контроль параметрів кондиціювання (вологість, тривалість кондиціювання).

У розмелювальному відділенні контроль спрямований на забезпечення отримання борошна відповідної якості. Особливості включають:

- Контроль роботи вальцьових верстатів: аналіз рівномірності помелу та ефективності вилучення оболонки зерна.
- Оцінка якості борошна: визначення зольності, білості, крупності, клейковини.

Контроль роботи розсійників: коефіцієнт недосіву.

Таблиця 5.14 – Періодичність технохімічного контролю

Етап виробництва	Об'єкт контролю	Метод контролю	Частота проведення
Зерноочистка	Вологість зерна	Лабораторний аналіз	Перед кожною партією
Зерноочистка	Вміст домішок	Візуальний та лабораторний аналіз	Перед надходженням на помел
Зерноочистка	Ефективність очищення	Оцінка залишкових домішок	Раз на зміну
Кондиціювання	Вологість зерна	Вимірювання вологоміром	Кожні 2 години
Розмелювання	Якість борошна	Хімічний аналіз	Раз на 4 години
Розмелювання	Робота розсійників	Візуальний контроль	Раз на зміну
Розмелювання	Ефективність розмелювання	Лабораторний аналіз	Раз на зміну

Система НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points) на борошномельному заводі забезпечує ідентифікацію, оцінку та управління ризиками, що можуть впливати на безпеку продукції. Її метою є забезпечення випуску безпечної для споживачів продукції шляхом контролю на критичних точках технологічного процесу.

Основні принципи НАССР:

Аналіз небезпек: виявлення біологічних, хімічних та фізичних ризиків на всіх етапах виробництва.

Визначення критичних контрольних точок (ККТ): ідентифікація ключових етапів, де ризики можуть бути усунені або мінімізовані.

Встановлення критичних меж: визначення допустимих параметрів для кожної ККТ (наприклад, температура, вологість, тривалість процесу).

Моніторинг ККТ: постійний контроль параметрів для забезпечення відповідності критичним межам.

Коригувальні дії: розробка заходів для усунення відхилень у випадку порушення критичних меж.

Верифікація: регулярна перевірка ефективності системи НАССР.

Документування: ведення записів про всі етапи впровадження та контролю системи.

Таблиця 5.15 – Важливі критичні контрольні точки

Етап виробництва	Критична точка	Критичні межі	Методи контролю
Зерноочистка	Наявність домішок	Допустимий рівень домішок	Лабораторний аналіз
Кондиціювання	Вологість зерна	14-16%	Вимірювання вологоміром
Розмелювання	Металеві включення	Відсутність	Контроль магнітними сепараторами
Упакування	Чистота тари	Відсутність сторонніх речовин	Візуальний огляд

5.8 Охорона праці

Охорона праці на борошномельному заводі спрямована на створення безпечних умов праці для всіх працівників. Вона включає в себе дотримання законодавчих вимог, впровадження сучасних технологій безпеки, навчання персоналу та регулярний контроль робочих умов. Основною метою є мінімізація ризиків виникнення травм та професійних захворювань.

На борошномельному заводі можуть виникати наступні небезпечні і шкідливі фактори:

Пил, який спричиняє захворювання дихальної системи та вибухонебезпеку. За нормами ГДК концентрація пилу у виробничих приміщеннях не повинна перевищувати 10 мг/м³.

Шум від роботи обладнання, що впливає на органи слуху. Допустимий рівень шуму на робочому місці - до 85 дБ.

Вібрація від машин і механізмів, що може призводити до професійних захворювань. Величина вібрації повинна знаходитися в межах, встановлених СНиП, і не перевищувати 120 дБ для локальних вібрацій.

Рухомі частини обладнання, які становлять загрозу травмування.

Підвищена температура в робочих зонах, що створює тепловий стрес. Температура повинна відповідати нормам і не перевищувати 26°C у літній період.

Хімічні речовини, які використовуються для обробки зерна чи обладнання.

Охорона праці в зерноочисному відділенні

Робота з пилом: необхідно використовувати аспіраційні системи, які забезпечують видалення пилу з ефективністю не менше 95%, та засоби індивідуального захисту (респіратори).

Контроль шуму: встановлення шумоізоляційних екранів та обов'язкове використання захисних навушників.

Захист від рухомих частин обладнання: обладнання має бути оснащене захисними кожухами, а доступ до небезпечних зон обмежений.

Освітлення робочих зон: забезпечення достатнього рівня освітленості не менше 200 лк на робочих місцях.

Ширина проходів: проходи повинні бути не менше 1,2 м для забезпечення безпечного переміщення працівників.

Охорона праці в розмелювальному відділенні

Робота з вібрацією: регулярна перевірка стану обладнання та використання антивібраційних рукавичок. Максимально допустимий рівень вібрації - до 120 дБ.

Захист від перегріву: забезпечення вентиляції та охолодження робочих зон. Швидкість повітряного потоку в вентиляційній системі повинна становити не менше 0,5 м/с.

Робота з ситовими системами: контроль натягу сит та їх регулярна заміна для запобігання поломкам.

Попередження травм: дотримання інструкцій з експлуатації вальцових верстатів та використання засобів індивідуального захисту.

Освітлення: рівень освітленості у виробничих приміщеннях розмелювального відділення має бути не менше 300 лк.

Ширина проходів: проходи між обладнанням повинні мати ширину не менше 1,5 м для безпечного руху персоналу.

Дотримання заходів охорони праці на всіх етапах виробничого процесу є критично важливим для забезпечення безпеки працівників і зменшення ризиків травмування.

РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

6.1 Програма виробничої діяльності

Програма виробничої діяльності, яку визначено у ТЕО, приймається незмінною і використовується у розрахунках ТЕП.

6.2 Інвестиційні витрати

Інвестиційні витрати, які визначено у ТЕО, приймаються незмінними і використовуються у розрахунках ТЕП.

6.3 Чисельність працівників та фонд оплати праці

Чисельність робітників основного виробництва (Чосіб) визначається на підставі нормативів їх чисельності з урахуванням кількості змін на добу. Для приблизного розрахунку для зернопереробних підприємств питома кількість робітників складає 0,2-0,4 осіб на 1 т/добу продуктивності підприємства.

Приймаймо: $0,2 \times 125 = 25$ співробітників.

Визначаємо фонд оплати праці (ФОП) працюючих за формулою:

$\text{ФОП} = \text{Чосіб} \times \text{ЗПер} \times N$,

де Чосіб – чисельність працівників (Чосіб = 25);

ЗПер – середня заробітна плата в галузі (ЗПер = 13500 грн на місяць);

N – число місяців роботи (N = 12).

$\text{ФОП} = 25 \times 13500 \times 12 / 1000 = 39150$ тис. грн.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.78-03.ІІІ.5.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Орден Є.О.			Розділ 6	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волощенко О.С.					72	
Консультант		Басюркіна Н.Й						
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						
						ОНТУ		

Із загального фонду заробітної плати тих, що працюють, 70% складає заробітна плата робочих:

$$\text{ФОПосн} = 4050 \times 0,70 = 2835 \text{ тис. грн.}$$

Продуктивність праці (ПП) визначають діленням обсягів реалізації продукції та послуг на чисельність працівників підприємства:

$$\text{ПП} = \text{РП} / \text{Чосіб} = 318163 / 25 = 12727 \text{ тис. грн.}$$

6.4 Розрахунки собівартості продукції

Повну собівартість продукції, яку виробляють з власних ресурсів, визначають за такими калькуляційними статтями:

- виробнича собівартість;
- адміністративні витрати;
- витрати на збут;
- інші витрати основної діяльності;
- проценти за кредит;

Виробничу собівартість продукції (Свир), яку виробляють з власних ресурсів, визначають за такими калькуляційними статтями:

- а) витрати на сировину і основні матеріали (Вз);
- б) витрати на допоміжні матеріали (Вдоп);
- в) інші витрати, які складаються з таких калькуляційних статей (Він):
 - витрати на ресурси – паливо, електроенергію та воду (Врес);
 - витрати на основну і додаткову заробітну платню та соціальні заходи (Впрац);
 - витрати на амортизацію устаткування (Аовф);
 - інші прямі витрати (Впр);
 - загальновиробничі витрати (Взаг).

$$\text{Свир} = \text{Вз} + \text{Вдоп} + \text{Він.}$$

$$\text{Він} = \text{Врес} + \text{Впрац} + \text{Аовф} + \text{Впр} + \text{Взаг.}$$

Витрати на сировину (Вз) включають вартість купівлі та транспортування зерна за формулою:

$$V_z = C_z \times 1,05 \times V_{z.вл} / 1000.$$

де C_z – оптова ринкова ціна 1 т пшениці без ПДВ [30];

$K_{тр}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на доставку зерна на підприємство, 1,05;

$V_{z.вл}$ – річний обсяг переробки зерна власних ресурсів, т (табл. 2.1).

$$C_z = C_{пп} - 0,2 \times C_{пп}$$

де $C_{пп}$ – ціна зерна помельної партії з ПДВ:

$$C_{пп} = 0,70 \times C_{2кл} + 0,30 \times C_{3кл}.$$

$$C_{пп} = 0,7 \times 9700 + 0,3 \times 9200 = 9550 \text{ тис. грн.}$$

$$C_z = 9550 - 0,2 \times 9550 = 7640 \text{ грн;}$$

$$V_z = 7640 \times 1,05 \times 24500 / 1000 = 196539 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на допоміжні матеріали (Вдоп) включають витрати на всі види допоміжних матеріалів, які фізично не включають до складу готової продукції, але є технологічно необхідними для забезпечення нормального технологічного процесу при її виготовленні.

Через неможливість визначити дану статтю прямим шляхом (через норми витрат допоміжних матеріалів та ціни на них) витрати на допоміжні матеріали визначимо укрупнено в обсязі ($K_{доп}$) 5% від витрат на сировину:

$$V_{доп} = V_z \times K_{доп} = 196539 \times 0,05 = 9827 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на ресурси (Врес) включають витрати на електроенергію (Вел) та воду (Ввод).

$$V_{рес} = V_{ел} + V_{вод}$$

.

Витрати на електроенергію (Вел) визначаються за формулою:

$$V_{ел} = T_{ел} \times N_{ел} \times V_{z.вл} / 1000.$$

де $T_{ел}$ – тариф за електроенергію, грн за 1 кВт/год.

З 1 червня 2024 року НКРЕКП встановила граничні ціни на електроенергію для бізнесу: 5600 грн / МВт·год у нічний час (00:00–07:00) та вдень

(11:00–17:00), 6000 грн / МВт·год у пікові години (07:00–11:00, 17:00–23:00) і 4000 грн / МВт·год у вечірній час (23:00–00:00).

З урахуванням цілодобової роботи підприємства, приймаємо $T_{ел} = 5,7$ грн за 1 кВт / год;

$N_{ел}$ – норма витрат електроенергії на переробку зерна, кВт / год на 1 т. Приймаємо $N_{ел} = 55$ кВт / год на 1 т;

$V_{з.вл}$ – річний обсяг переробки зерна власних ресурсів, т (табл. 2.1).

$В_{ел} = 5,7 \times 55 \times 24500 = 7681$ тис. грн.

Витрати на воду ($В_{вод}$) визначаються за формулою:

$В_{вод} = (T_{в.п.} + K_{в} \times T_{в.в.}) \times N_{в} \times V_{з.вл} / 1000$

де $T_{в.п.}$ – тариф за водопостачання, грн за 1 м³. Приймаємо 23,0 грн за 1 м³;

$T_{в.в.}$ – тариф за водовідведення, грн за 1 м³. Приймаємо 23,0 грн за 1 м³;

$K_{в}$ – коефіцієнт співвідношення між обсягами водовідведення і водопостачання. Так як вода переважно використовується на зволоження та поглинається зерном, приймаємо $K_{в} = 0,1$;

$N_{в}$ – норма питомих витрат води на 1 т зерна, м³/т. В залежності від прогнозованого ступеню зволоження, приймаємо $N_{в} = 5$ м³/т;

$V_{з.вл}$ – річний обсяг переробки зерна власних ресурсів, т (табл. 2.1).

$В_{вод} = (23 + 23 \times 0,1) \times 5 \times 24500 / 1000 = 2958$ тис. грн.

$В_{рес} = В_{ел} + В_{вод} = 7681 + 2958 = 10639$ тис. грн.

Витрати на заробітну платню та соціальні заходи ($В_{прац}$) включають витрати на основну і додаткову заробітну плату (ФОПосн), а також витрати на соціальні заходи ($В_{соц}$).

$В_{прац} = \text{ФОПосн} + В_{соц}$.

Витрати на основну і додаткову заробітну плату основних виробничих працівників, які безпосередньо пов'язані з виготовленням продукції, (ФОПосн) визначаються за формулою:

$\text{ФОПосн} = \text{ФОП} \times K_{осн}$.

де ФОП – річний фонд оплати праці виробничих робітників, тис. грн;
Косн – коефіцієнт від загального ФОП, %. Приймаємо $K_{осн} = 0,70$.
 $ФОП_{осн} = 4050 \times 0,70 = 2835$ тис. грн.

Решта ФОП включається у комплексні статті непрямих витрат (загальнопромислові, адміністративні витрати, витрати на збут).

Витрати (відрахування) на соціальні заходи ($V_{соц}$) визначають за встановленими процентами від величини фонду оплати праці основних виробничих працівників за формулою:

$$V_{соц} = ФОП_{осн} \times K_{соц} / 100.$$

де $K_{соц}$ – відсоток відрахувань, $K_{соц} = 22\%$.

$$V_{соц} = 2835 \times 0,22 = 624 \text{ тис. грн.}$$

$$V_{прац} = ФОП_{осн} + V_{соц} = 2835 + 624 = 3459 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на амортизацію обладнання та будівлі ($A_{овф}$) включають амортизаційні відрахування на основні виробничі фонди – обладнання ($A_{обл}$) та будівлю – ($A_{буд}$).

$$A_{овф} = A_{обл} + A_{буд}.$$

Витрати на амортизацію обладнання ($A_{обл}$) визначають за формулою:

$$A_{обл} = I_{овф} \times K_{обл} \times N_{а.обл}.$$

де $I_{овф}$ – інвестиції у основні виробничі фонди, тис. грн. (розділ 2.3);

$K_{обл}$ – відсоток інвестицій у основні виробничі фонди на виробниче обладнання. Приймаємо 0,55;

$N_{а.обл}$ – норма амортизаційних відрахувань на виробниче обладнання, %. $N_{а.обл} = 0,20$.

$$A_{обл} = 93750 \times 0,55 \times 0,2 = 10313 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на амортизацію будівлі ($A_{буд}$) визначають за формулою:

$$A_{буд} = I_{овф} \times K_{буд} \times N_{а.буд}.$$

де $I_{овф}$ – інвестиції у основні виробничі фонди, тис. грн. (розділ 2.3);

$K_{буд}$ – відсоток інвестицій у основні виробничі фонди на будівлю.

Приймаємо 0,45;

На.буд – норма амортизаційних відрахувань на будівлю, %.
На.буд = 0,05.

$$93750 \times 0,45 \times 0,05 = 2109 \text{ тис. грн.}$$

$$Аовф = 10313 + 2109 = 12422 \text{ тис. грн.}$$

Витрати прямі інші (Впр) визначають у розмірі 10% від усіх попередніх витрат за виключенням витрат на сировину.

$$Впр = 0,1 \times (Вдоп + Врес + Впрац + Аовф)$$

$$Впр = 0,1 \times (9827 + 10639 + 3459 + 12422 = 3635 \text{ тис. грн.}$$

Витрати загальновиробничі (Взаг) визначають у розмірі 30% від усіх попередніх витрат за виключенням витрат на сировину.

$$Взаг = 0,3 \times (Вдоп + Врес + Впрац + Аовф).$$

$$Впр = 0,3 \times (9827 + 10639 + 3459 + 12422 = 10904 \text{ тис. грн.}$$

ТАКИМ ЧИНОМ:

Інші витрати (Він) складають:

$$Він = Врес + Впрац + Аовф + Впр + Взаг.$$

$$Він = 10639 + 3459 + 12422 + 3635 + 10904 = 41059 \text{ тис. грн.}$$

Виробнича собівартість продукції (Свир) визначається за формулою:

$$Свир = Вз + Вдоп + Він.$$

$$Свир = 196539 + 9827 + 41059 = 247425 \text{ тис. грн.}$$

Повна собівартість продукції (Свир) визначається за формулою:

$$Сповна = Свир + Вадм + Взбут + Віод + Вкр.$$

де Вадм – адміністративні витрати;

Взбут – витрати на збут;

Віод – інші витрати основної діяльності.

Визначаються у процентах від виробничої собівартості без витрат на сировину та допоміжні матеріали (Він). Відповідно, проценти по цім витратам складають 10, 5, 10 %.

$$Вадм = 0,1 \times 41059 = 4106 \text{ тис. грн.}$$

$$Взбут = 0,05 \times 41059 = 2053 \text{ тис. грн.}$$

$$\text{Віод} = 0,1 \times 41059 = 4106 \text{ тис. грн.}$$

Вкр – проценти за кредит. Приймаємо процентну ставку від кредиту (Ікр, розділ 2.4) у розмірі 25%.

$$\text{Вкр} = 0,25 \times 94174 = 23544 \text{ тис. грн.}$$

ТАКИМ ЧИНОМ:

$$\text{Спов} = \text{Свир} + \text{Вадм} + \text{Взбут} + \text{Віод} + \text{Вкр.}$$

$$\text{Спов} = 247425 + 4106 + 2053 + 4106 + 23544 = 281234 \text{ тис. грн.}$$

Експлуатаційні витрати (Векс), які відображають у останньому рядку є різницею між повною собівартістю (Спов), амортизаційними відрахуваннями (Аовф) та відсотками за кредит (Вкр).

$$\text{Векс} = \text{Спов} - \text{Аовф} - \text{Вкр.}$$

$$\text{Векс} = 281234 - 12422 - 23544 = 245268 \text{ тис. грн.}$$

Результати розрахунків за статтями зведені у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Зведені витрати на виробництво продукції

Статті витрат	Сума витрат, тис. грн
Витрати на сировину і основні матеріали	196 539
Витрати на допоміжні матеріали	9 827
Витрати на ресурси	10 639
Витрати на заробітну платню та соціальні заходи	3 459
Витрати на амортизацію обладнання та будівлі	12 422
Витрати прями інші	3 635
Витрати загальновиробничі	10 904
ВИРОБНИЧА СОБІВАРТІСТЬ	247 425
у т.ч. без витрат на сировину та допоміжні матеріали	41 059
Адміністративні витрати	4 106
Витрати на збут	2 053
Інші витрати виробничої діяльності	4 106
Відсотки за кредит	23 544
ПОВНА СОБІВАРТІСТЬ	281 234
у т.ч. експлуатаційні витрати	245 268

Прибуток (П) визначають як різницю між обсягами реалізації продукції і послуг (РП, розділ 2.2) та повною собівартістю (Спов) за формулою:

$$П = РП - Спов = 318163 - 281234 = 36929 \text{ тис. грн.}$$

Рентабельність продукції (Рпр) визначають за формулою:

$$Рпр = П / Спов \times 100\% = (36929 / 281234) \times 100\% = 13,1\%.$$

Чистий прибуток (ЧП) в результаті реалізації проекту:

$$ЧП = П - П \times 0,18.$$

де 0,18 – відсоткова ставка податку на прибуток.

$$ЧП = 36929 - 36929 \times 0,18 = 30282 \text{ тис. грн.}$$

6.5 Фінансова та економічна оцінка проекту

Економічна оцінка проекту виконується за такими показниками:

а) для інвестора:

- строк окупності інвестицій (Ток),
- чиста приведена вартість проекту (ЧПВ);

б) для кредитора:

- строк повернення кредиту (Ткр).

При виконанні розрахунків прийнято такі вихідні дані.

1) Ставку дисконтування прийнято на рівні 0,18.

2) Акциз і експортне мито відсутні.

3) Продаж проекту не передбачається.

4) Для економічної оцінки проекту приймається період, який визначається виходячи з співвідношення I / ЧП.

5) Амортизаційні відрахування, що виникають у зв'язку з впровадженням заходів проекту, покладуться на депозит у банку і вважаються резервом для страхування від ризиків.

Для кредитування інвестицій приймаються такі умови:

1) Процентна ставка по кредиту 25% у рік.

2) На погашення кредиту використовуються усі вільні кошти.

Отже, період, який визначає строки окупності проекту для інвестора (Т) складе:

$$T = I / \text{ЧП} = 125566 / 30282 = 4,1 \text{ років.}$$

Розрахунки прибутку, податків і вільних грошових коштів наведені у табл. 6.2.

Графік повернення кредиту і сплати процентів по кредиту наведено у табл. 6.3.

Таблиця 6.2 – Розрахунки прибутку, податків і вільних грошових коштів, тис. грн

Показники	Умовні позначення	Роки			
		1	2	3	4
Надходження коштів	ДРП	318 163	318 163	318 163	318 163
Амортизаційні відрахування	Аовф	12 422	12 422	12 422	12 422
Експлуатаційні витрати	Векс	245 268	245 268	245 268	245 268
Виплати процентів за кредит	Вкр і	23 544	12 867	3	0
Балансовий прибуток (з урахуванням сплати процентів за кредит)	П і	36 930	47 606	60 470	60 473
Податок на прибуток	Ст	6 647	8 569	10 885	10 885
Чистий прибуток	ЧП і	30 282	39 037	49 586	49 588
Чистий прибуток, що залишається на підприємстві	ЧПзал і	0	0	61 996	49 588
Вільні грошові кошти	ВГК і	42 704	51 459	62 008	62 010

Таблиця 6.3 – Графік повернення кредиту і сплати процентів по кредиту, тис. грн

Показники	Умовні позначення	Роки		
		1	2	3
Борг на початок року	Бпоч і	94 174	51 470	11
Погашення кредиту	Впог і	42 704	51 459	11
Борг на кінець року	Бкін і	51 470	11	0
Проценти за кредит	Вкр і	23 544	12 867	3

Надходження коштів (ΔRP) у кожному році однакове, приймається з попередніх розрахунків (табл. 2.1, розділ 2.2).

Амортизаційні відрахування (A_{ovf}) та експлуатаційні витрати (B_{ex}) у кожному році однакові, приймаються з попередніх розрахунків (розділ 6.4).

Виплати процентів ($B_{kr i}$) змінюються по роках. У першому році приймаються на підставі попередніх розрахунків (розділ 6.4).

Балансовий прибуток з урахуванням сплати процентів за кредит (Πi) розраховується по роках за формулою:

$$\Pi i = \Delta RP - A_{ovf} - B_{ex} - B_{kr i}.$$

де i – поточний рік з моменту початку здійснення інвестицій.

Податок на прибуток ($St i$) розраховується з урахуванням відсоткової ставки податку на прибуток (0,18) від балансового прибутку за формулою:

$$St i = 0,18 \times \Pi i.$$

Чистий прибуток ($ЧП i$) – це різниця між балансовим прибутком та податком на прибуток:

$$ЧП i = \Pi i - St i.$$

Вільні грошові кошти ($B_{ГК i}$) визначаються за формулою:

$$B_{ГК i} = A_{ovf} + ЧП i.$$

При наявності інвестицій у вигляді кредиту, відповідно до прийнятої стратегії, на погашення кредиту використовуються усі вільні кошти.

Чистий прибуток, що залишається на підприємстві ($ЧП_{зал i}$), це різниця між ($B_{ГК i}$) та боргом на початок року ($B_{пoch i}$). Якщо $B_{ГК i} < B_{пoch i}$ – то $ЧП_{зал i} = 0$.

Борг на початок року ($B_{пoch i}$) визначається по роках. На початок першого року борг дорівнює запланованим інвестиціям за рахунок кредиту (розділ 2.4). На початок наступних років він дорівнює боргу на кінець попереднього року:

$$B_{пoch i} = B_{кін i-1}.$$

На погашення кредиту ($V_{\text{пог } i}$) поки $V_{\text{ГК } i} < B_{\text{поч } i}$ витрачаються усі вільні кошти ($V_{\text{ГК } i}$). Коли $V_{\text{ГК } i} > B_{\text{поч } i}$, то на погашення кредиту витрачається тільки сума, що дорівнює боргу на кінець попереднього року ($B_{\text{кін } i-1}$).

$$V_{\text{пог } i} = V_{\text{ГК } i} \quad \text{– при } V_{\text{ГК } i} < B_{\text{поч } i}.$$

$$V_{\text{пог } i} = B_{\text{кін } i-1} \quad \text{– при } V_{\text{ГК } i} > B_{\text{поч } i}.$$

Борг на кінець року ($B_{\text{кін } i}$) – це різниця між боргом на початок року ($B_{\text{поч } i}$) та сумою на погашення кредиту ($V_{\text{пог } i}$). Якщо протягом року борг виплачений, то $B_{\text{кін } i}$ цього року дорівнює 0.

$$B_{\text{кін } i} = B_{\text{поч } i} - V_{\text{пог } i} \quad \text{– при } V_{\text{ГК } i} < B_{\text{поч } i}.$$

$$B_{\text{кін } i} = 0 \quad \text{– при } V_{\text{ГК } i} > B_{\text{поч } i}.$$

Виплати процентів за кредит ($V_{\text{кр } i}$) розраховуються виходячи прийнятої процентної ставки по кредиту 25% у рік. З кожним роком вони зменшуються внаслідок повернення частки кредиту. Розраховуються за формулою:

$$V_{\text{кр } i} = 0,25 \times B_{\text{поч } i}.$$

Термін повернення кредиту ($T_{\text{кр}}$) розраховується за формулою:

$$T_{\text{кр}} = T_{i-1} + B_{\text{поч } i} / V_{\text{ГК } i}.$$

$$T_{\text{кр}} = 2 + 11 / 62010 = 2,0 \text{ років.}$$

Розрахунок чистої приведеної вартості та строку окупності проекту наведено у табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахунок чистої приведеної вартості та строку окупності проекту

Показники	Умовні позначення	Роки			
		1	2	3	4
Коефіцієнт дисконтування	Kd_i	1,18	1,39	1,64	1,94
Інвестиції на поточний рік, тис. грн	I_i	125 566	89 376	52 355	14 546
Вільні кошти (приріст чистого прибутку та приріст амортизації), тис. грн	$ВГК_i$	42 704	51 459	62 008	62 010
Дисконтована величина вільних грошових коштів, тис. грн	$ВГКd_i$	36 190	37 021	37 809	31 964
Чиста приведена вартість проекту, тис. грн	$ЧПВ_i$	-89 376	-52 355	-14 546	17 418

Коефіцієнт дисконтування по роках (Kd_i) визначається за формулою:

$$Kd_i = (1 + d)^i.$$

де d – ставка дисконтування, $d = 0,18$.

Інвестиції розраховуються по роках та кожного року зменшуються. На початок першого року дорівнюють розрахованому значенню (розділ 2.4). На початок i -того року розраховуються за формулою:

$$I_i = - ЧПВ_{i-1}.$$

Вільні грошові кошти ($ВГК_i$) розраховані у табл. 6.2.

Дисконтована величина вільних грошових коштів визначається за формулою:

$$ВГКd_i = ВГК_i / Kd_i.$$

Чисту приведену вартість проекту ($ЧПВ_i$) по роках розраховують за формулою:

$$ЧПВ_i = I_i - ВГКd_i.$$

Розрахунок ведуть поки $ЧПВ_i$ не буде позитивною величиною.

Чиста приведена вартість інвестиційного проекту на кінець 4-го року складає 17418 тис. грн.

Основні техніко-економічні показники підприємства та проекту наведені у табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Основні техніко-економічні показники підприємства та інвестиційного проекту

Показник	Розмірність	Значення
1. Добова потужність підприємства	т/добу	125
2. Річний обсяг переробки зерна власних ресурсів	т / рік	24500
3. Обсяг продажів (реалізації)	тис. грн	318 163
4. Виробництво готової продукції з власних ресурсів (борошно)	т	19110
5. Повна собівартість	тис. грн	281 234
6. Прибуток	тис. грн	36 929
в т.ч. чистий прибуток	тис. грн	30 282
7. Чисельність працівників	осіб	25
8. Фонд оплати праці	тис. грн	4 050
9. Середньомісячна заробітна плата	грн	13500
10. Продуктивність праці	тис. грн / особу	12 727
11. Рентабельність продукції	%	13,1
12. Інвестиції	тис. грн	125 566
в т.ч. в основні виробничі фонди	тис. грн	93 750
в оборотні кошти	тис. грн	31 816
13. Інвестиції інвестора	тис. грн	31 392
14. Інвестиції за рахунок кредиту	тис. грн	94 174
15. Термін повернення кредиту	років	2,0
16. Термін окупності інвестицій	років	3,5
17. Чиста приведена вартість проекту за 4 роки	тис. грн	17 418

Термін окупності проекту (з урахуванням зміни вартості грошей у часі) розраховується за формулою:

$$\text{Ток} = \text{Т}_{i-1} + (-\text{ЧПВ } i-1) / \text{ВГК } i.$$

$$\text{Ток} = 3 + 17418 / 31964 = 3,5 \text{ років.}$$

6.6 Висновки

Інвестиційний проект виробництва борошна на новому млинзаводі з переробки зерна пшениці є доцільним, ефективним та інвестиційно привабливим.

Очікуваний прибуток складає 36929 тис. грн на рік.

Для реалізації проекту необхідно інвестиції у розмірі 125566 тис. грн – 75% за рахунок власних коштів, 25% – за рахунок кредиту. Термін окупності інвестицій 3,5 років, чиста приведена вартість проекту на кінець 4-го року дорівнюватиме 17418 тис. грн.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У результаті роботи розроблено технологію з переробки пшениці у борошно вищого та першого сортів продуктивністю 125 т/добу.

1) Проведено оцінку показників якості 5 зразків різного борошна.

Встановлено, що найкращим вибором для виготовлення круасанів є борошно зі зразка 5 (Волинська область). Це борошно характеризується високим вмістом білка (12,7%) і клейковини (27,2%), що забезпечує міцну і еластичну структуру тіста. Високий показник функціональності глютену ($GPI = 0,90$) та показник поглинання лактату натрію ($SRC\ LAC = 145\%$) також свідчать про високі властивості цього борошна для круасанів, де важлива еластичність тіста. Показники альвеографу підтверджують оптимальну міцність та розтяжність тіста, необхідну для ламінованих виробів.

Відмінність цього борошна від інших зразків полягає у його збалансованих показниках якості. Наприклад, зразок 1 (Рівненська область) має високу міцність ($P = 96$ мм), але недостатню розтяжність, що робить його менш придатним для виготовлення круасанів. У зразків 2 (Черкаська область) та 4 (Київська область) низьке співвідношення міцності до розтяжності ($P/L = 0,52$ і $0,59$ відповідно), що свідчить про надмірну м'якість тіста. У зразка 3 (Миколаївська область) кращий баланс міцності та розтяжності, проте він поступається за загальним індексом функціональності ($GPI = 0,73$).

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.78-03.ІІІ.5.1		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Орден Є.О.			Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волощенко О.С.				86	
Консультант					ОНТУ		
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.					

Отже, борошно зі зразка 5 забезпечує оптимальні властивості для виробництва круасанів завдяки збалансованому поєднанню високої якості клейковини, міцності і розтяжності тіста. Його відмінні показники, такі як висока енергія деформації тіста ($W = 259$ од. ал.), дозволяють отримати вироби з гарною структурою і текстурою, що відповідають найвищим стандартам для цього типу продукції.

- 2) Проведено огляд стандартів та встановлено основні вимоги до якості сировини та готової продукції. Основними класоутворюючими показниками зерна пшениці є вміст білка, клейковини, натура та вміст протеїну. Основними сортоутворюючими показниками у борошні є білість, зольність, вміст клейковини, крупність.
- 3) Розроблено схеми технологічного процесу підготовки та переробки зерна пшениці у борошно вищого та першого сортів з використанням обладнання Alapros та Buhler для заводу продуктивністю 125 т/доб.

У зерноочисному відділенні крім стандартного набору обладнання встановлено обладнання для контролю та регулювання вологості зерна MYFE/ MOZH, що дозволяє стабілізувати режими подрібнення і підвищити вихід та якість сортового борошна.

У розмелювальному відділенні схема помелу включає 4 драних (B1–B4), 3 вимельних (Br1–Br3), 2 сортувальних (D1–D2), 2 ситовіальних (P1–P2), 1 шліфувальну (S1), 7 розмелювальних (M1–M7) та 2 сходових розмелювальних (C1–C2) систем.

За даною сучасною технологією запропоновано такий вихід продукції: борошно спеціалізоване (для круасанів) – 21%; борошно вищого сорту – 37%; – борошно першого сорту – 15%; борошно другого сорту – 5%; висівки – 19,1%; відходи I-II категорії (кормопродукти) – 2,2%; відходи III категорії (механічні втрати) – 0,7%.

- 4) Проведено розрахунок кількісного балансу переробки зерна пшениці у борошно вищого та першого сортів, на підставі якого проведений розрахунок кількості технологічного обладнання та бункерів для зерна та готової продукції.
- 5) Проведено техніко-економічне обґрунтування та оцінка техніко-економічних показників проекту.

Інвестиційний проект виробництва борошна на новому млинзаводі з переробки зерна пшениці є доцільним, ефективним та інвестиційно привабливим.

Очікуваний прибуток складає 36929 тис. грн на рік.

Для реалізації проекту необхідно інвестиції у розмірі 125566 тис. грн – 75% за рахунок власних коштів, 25% – за рахунок кредиту.

Термін окупності інвестицій 3,5 років, чиста приведена вартість проекту на кінець 4-го року дорівнюватиме 17418 тис. грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Скільки зібрали пшениці в Україні в 2023 р. по областях. <https://superagronom.com/multimedia/infographics/79-skilki-zibrali-pshenitsi-v-ukrayini-v-2023-r-po-oblastyam>
2. ПРАВИЛА. організації та ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. Київ: КІХ та ДАК; 1998.
3. Gonzalez ATJ. Milling process of durum wheat. *Ressources.Ciheam.Org. CIHEAM - Options Mediterraneennes*; 1990; 43–50. <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a22/95605352.pdf>
4. Hsu KH. A Theoretical Approach to the Tempering of Grains. *Cereal Chemistry*. 1984;61(5): 466–470.
5. Мерко ІТ. Технології мукомельного і круп'яного виробництва. Одеса: Друкарський дім; 2010. 472.
6. Sakhare SD, Inamdar AA, Indrani D, Madhu Kiran MH, Venkateswara Rao G. Physicochemical and microstructure analysis of flour mill streams and milled products. *Journal of Food Science and Technology*. 2015;52(1): 407–414. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1029-4>.
7. Zhygunov DA. A Comparative Study Of Various Structures Of Grinding Process On The Head Break System. In: 2012.p.607–611. <http://fins.uns.ac.rs/uploads/fajlovi/proceedings.pdf>
8. ГСТУ_46.004-99. БОРОШНО ПШЕНИЧНЕ. Технічні умови. 1999.
9. Morgan BC, Dexter JE, Preston KR. Relationship of kernel size of flour water absorption for Canada Western Red Spring wheat. *Cereal Chemistry*. 2000;77(3): 286–292. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2000.77.3.286>.
10. Iqbal Z, Muhammad H, Akhtar S, Aslam F, Randhawa A, Afzal MI, et al. Characterization of wheat flour millstreams for friabilin prevalence and nutrient composition. *International Journal of Food Properties*. 2023;01(26): 1711–1723. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2227360>.
11. Preston KR, Black HC, Tipples, K., Dexter JE, Sadaranganey G., Tkac J. The GRL Pilot Mill. III. Comparison with Two Canadian Commercial Hard

- Red Spring Wheat Mills. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*. 1983;16(2): 97–103. [https://doi.org/10.1016/s0315-5463\(83\)72067-5](https://doi.org/10.1016/s0315-5463(83)72067-5).
12. Sutton KH, Simmons LD. Molecular level protein composition of flour mill streams from a pilot-scale flour mill and its relationship to product quality. *Cereal Chemistry*. 2006;83(1): 52–56. <https://doi.org/10.1094/CC-83-0052>.
 13. Wang L, Flores RA. Effect of different wheat classes and their flour milling streams on textural properties of flour tortillas. *Cereal Chemistry*. 1999;76(4): 496–502. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.4.496>.
 14. Yahata E, Maruyama-Funatsuki W, Nishio Z, Yamamoto Y, Hanaoka A, Sugiyama H, et al. Relationship between the dough quality and content of specific glutenin proteins in wheat mill streams, and its application to making flour suitable for instant Chinese noodles. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*. 2006;70(4): 788–797. <https://doi.org/10.1271/bbb.70.788>.
 15. Sayaslan A. Wet-milling of wheat flour: Industrial processes and small-scale test methods. *LWT - Food Science and Technology*. 2004;37(5): 499–515. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.01.009>.
 16. Olewnik M. How Flour Quality Affects Finished Products Forum. *Association of Operative Millers-Bulletin*. 1995; 6595–6602.
 17. Meerts M, Van Ammel H, Meeus Y, Van Engeland S, Cardinaels R, Oosterlinck F, et al. Enhancing the Rheological Performance of Wheat Flour Dough with Glucose Oxidase, Transglutaminase or Supplementary Gluten. *Food and Bioprocess Technology*. 2017;10(12): 2188–2198. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1986-0>.
 18. Moot DJ, Every D. A comparison of bread baking, falling number, α -amylase assay and visual method for the assessment of pre-harvest sprouting in wheat. *Journal of Cereal Science*. 1990;11(3): 225–234. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(09\)80166-5](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(09)80166-5).
 19. Hay RL. Effect of Flour Quality Characteristics on Puff Pastry Baking

- Performance. *Cereal Chemistry*. 1993;70(4): 392–396.
20. Hozová B, Kukurová I, Turicová R, Dodok L. Sensory quality of stored croissant-type bakery products. *Czech Journal of Food Sciences*. 2002;20(3): 105–112. <https://doi.org/10.17221/3519-cjfs>.
21. Lukinac J, Komlenić DK, Čolić ML, Nakov G, Jukić M. Modelling the browning of bakery products during baking: a review. *Ukrainian Food Journal*. 2022;11(2): 217–234. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2022-11-2-3>.
22. Chochkov R, Savov M, Gotcheva V, Papageorgiou M, Rocha JM, Baev V, et al. Effects of sourdough on rheological properties of dough, quality characteristics and staling time of wholemeal wheat croissants. *Italian Journal of Food Science*. 2023;35(3): 115–129. <https://doi.org/10.15586/IJFS.V35I3.2385>.
23. КАТАЛОГ НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ ТА КОДЕКСІВ УСТАЛЕНОЇ ПРАКТИКИ. <http://katalog.uas.org.ua>
24. ДСТУ_3768-2019. ПШЕНИЦЯ. Технічні умови. 2019.
25. ДСТУ_3016-95. ВИСІВКИ. Технічні умови. 1996.
26. ПРАВИЛА. організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. Київ: КІХ та ДАК; 1998.
27. Мерко ІТ, Моргун ВО. Наукові основи і технологія переробки зерна. Одеса: Друк; 2001. 348.
28. Жигунов ДО, Волошенко ОС, Брославцева ІВ, Донець АО, Ковальов МО, Ковальова ВП, et al. Технологія та оцінка якості зернових продуктів: монографія. Одеса: Олді-плюс; 2021. 351.
29. Моргун ВО, Жигунов ДО. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Проектування технологічних процесів підприємств галузі» (мукомельне виробництво). Одеса: ОНАХТ; 2008. 51. <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
30. Борошно України та світу. *Інформаційно-аналітичний вісник*. 2024;16: 22.