

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 печива»

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувач

Резніченко М.В.

(прізвище, ініціали)

2 курсу ТЗХ-61 групи

Керівник

к.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

Резніченко Максим Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Формування сорту борошна для печива
керівник проекту (роботи) к.т.н. Волошенко О.С.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу
від “10” жовтня 24 р., № 624-03, “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

Завдання прийняв до виконання

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

Керівник

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

АНОТАЦІЯ

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

Здобувач	<u>Резніченко М.В.</u>
Керівник	<u>к.т.н., доц. 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: Сучасний асортимент печива вимагає використання борошна з унікальними технологічними властивостями, які визначають якість тіста і готового виробу. Характеристики борошна, такі як пластичність, еластичність або розсипчастість, мають ключове значення для формування тіста, забезпечення рівномірного випікання та збереження форми продукту. Досягнення необхідних параметрів борошна залежить від ретельного підбору зерна з оптимальними показниками якості. Технологічний процес помелу передбачає точне налаштування обладнання та комбінування потоків для створення кінцевого продукту, що відповідає вимогам до конкретного виду печива. Такий підхід гарантує стабільність текстури, смаку та зовнішнього вигляду готових виробів.

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

Практичне значення отриманих результатів: Результати можуть бути використанні 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 87 сторінках, включає 23 таблиці. Графічна частина включає 6 листів.

Висновок: в результаті наукових досліджень встановлено основні показники якості борошна різних виробників та визначено найкращий зразок для борошна для печива, 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 печива, показники якості, борошномельний завод.

ABSTRACT

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

Student	<u>Resnichenko M.V.</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: The modern variety of cookies requires the use of flour with unique technological properties that determine the quality of the dough and the final product. Flour characteristics such as plasticity, elasticity, or crumbliness play a crucial role in dough formation, ensuring even baking and maintaining the shape of the product.

Achieving the required flour parameters depends on the careful selection of grain with optimal quality indicators. The milling process involves precise equipment adjustments and blending of streams to create a final product that meets the specific requirements for each type of cookie. This approach ensures consistency in texture, flavor, and appearance of the finished goods.

The purpose of the work: Conduct scientific research on the quality indicators of flour from different manufacturers to select a sample of flour for cookies 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 87 pages, includes 23 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 cookies 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, cookie flour, quality indicators, flour milling plant.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ЗМІСТ	6
ВСТУП.....	8
1. РОЗДІЛ 1 СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ	9
1.1 Об'єкт та предмети дослідження.....	11
1.2 Мета і завдання проекту	12
2. РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	13
2.1 Маркетингові дослідження, обґрунтування доцільності будівництва підприємства та його виробничої потужності	13
2.2 Мета і робоча гіпотеза проектування, результати, які очікуються.....	15
2.3 Визначення потреби в інвестиціях і попередня оцінка економічної доцільності будівництва	17
2.4 Висновки	17
3. РОЗДІЛ 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА КОМУНІКАЦІЙ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ПІДПРИЄМСТВА.....	19
3.1 Загальна характеристика та вимоги до генерального плану підприємства.....	19
3.2 Загальна характеристика будівлі борошномельного заводу	20
3.3 Вимоги до будівлі	21
4. РОЗДІЛ 4 НАУКОВА ЧАСТИНА.....	24
4.1 Характеристика борошна для печива	24
4.2 Методика проведення досліджень	29
4.3 Результати досліджень	30
5. РОЗДІЛ 5 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	39
5.1 Характеристика сировини та готової продукції	39
5.2 Опис технологічної схеми зерноочисного відділення	44
5.3 Вибір, розрахунок та підбір технологічного обладнання зерноочисного відділення	47
5.4 Опис технологічної схеми розмелювального відділення	49
5.5 Розрахунок балансу переробки зерна	53
5.6 Вибір, розрахунок та підбір технологічного обладнання розмелювального відділення	54

5.7 Технохімічний контроль виробництва. Застосування системи НАССР	60
5.8 Охорона праці.....	64
6. РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	67
6.1 Програма виробничої діяльності.....	67
6.2 Інвестиційні витрати.....	67
6.3 Чисельність працівників та фонд оплати праці	67
6.4 Розрахунки собівартості продукції	68
6.5 Фінансова та економічна оцінка проекту	74
6.6 Висновки	80
7. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	81
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	84

ВСТУП

Мукомельна промисловість відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки та сталого розвитку агропромислового комплексу. В умовах сучасних викликів, таких як зростання попиту на якісні продукти харчування, енергетична криза та конкуренція на міжнародних ринках, галузь стикається з необхідністю впровадження новітніх технологій. Одним із головних завдань є реконструкція та модернізація виробничих потужностей для зниження енергозатрат, підвищення ефективності переробки зерна та забезпечення високої якості кінцевої продукції.

Старі технологічні лінії часто є неефективними в енергетичному плані, що призводить до значних витрат і впливає на конкурентоспроможність. Впровадження новітніх рішень, таких як енергоощадне обладнання, автоматизація процесів і використання відновлюваних джерел енергії, дозволяє не лише знизити виробничі витрати, але й підвищити екологічну відповідальність підприємств. Це особливо актуально для України, де більшість мукомельних заводів були збудовані в радянський період і потребують масштабної модернізації.

Зниження енергозатрат також сприяє підвищенню економічної ефективності та розширенню експорту продукції, зокрема борошна та висівок. Оновлені заводи можуть виробляти продукцію, що відповідає найвищим міжнародним стандартам, задовольняючи попит як внутрішнього, так і зовнішнього ринків. Водночас інвестиції в реконструкцію створюють нові робочі місця, стимулюють розвиток місцевої інфраструктури та сприяють інтеграції української аграрної продукції в глобальні ланцюги постачання. Модернізація галузі є необхідною умовою для збереження її стратегічної ролі в економіці країни та забезпечення сталого розвитку.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

Пшениця відіграє ключову роль у харчовій промисловості завдяки своїй універсальності та унікальним властивостям, які роблять її незамінною сировиною для виробництва хлібобулочних і кондитерських виробів. Вона є основним джерелом вуглеводів, білків і вітамінів для мільйонів людей по всьому світу. Крім того, зерно пшениці відрізняється високим вмістом клейковини, що забезпечує еластичність і пружність тіста, роблячи його придатним для широкого спектра харчових продуктів. Ця універсальність дозволяє використовувати пшеницю як основу для створення різних видів борошна, яке відповідає вимогам конкретних технологій виробництва, зокрема для кондитерської галузі.

Кондитерські вироби є важливою частиною сучасного раціону, адже вони не лише задовольняють потребу в поживних речовинах, але й надають споживачам естетичне і смакове задоволення. Умовно їх поділяють на цукристі та борошняні вироби. Особливе місце займають борошняні кондитерські вироби, які включають печиво, круасани, вафлі, кекси, торти й багато інших продуктів. Вони відрізняються різноманітністю текстур, смакових властивостей і технологічних підходів до їх виготовлення. Наприклад, пісочне печиво характеризується хрусткою текстурою та розсипчастістю, тоді як бісквіти мають ніжну, пористу структуру. Такі властивості значною мірою залежать від складу тіста і характеристик борошна, що використовується в рецептурі.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.624-03.V.5.3			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 1	Літ	Аркуш	Аркушів
Розробив		Резніченко М.В.						
Керівник		Волощенко О.С.					9	
Консультант						ОНТУ		
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						

Спеціальні сорти борошна, створені для кондитерських виробів, відіграють критичну роль у забезпеченні необхідних характеристик тіста. Для печива потрібне борошно з низькою водопоглинальною здатністю, що дозволяє отримати хрустку текстуру виробу. Для бісквітів, навпаки, важливою є здатність борошна утримувати повітря, забезпечуючи легкість і пишність випічки.

Особливість борошна для кондитерських виробів визначається його здатністю задовольняти специфічні вимоги до текстури та структури тіста. Наприклад, для печива важливо, щоб тісто мало низьку еластичність, оскільки це сприяє формуванню потрібної форми без розривів. Низька вологість кондитерських виробів є ще однією особливістю, яка пред'являє підвищені вимоги до борошна. Занадто висока водопоглинальна здатність може призвести до розм'якшення виробів, що негативно вплине на їх текстуру. Наприклад, для печива ідеально підходить борошно з низькою вологістю, що дозволяє отримати хрусткий продукт із тривалим терміном зберігання. Для бісквітів і круасанів потрібне борошно з оптимальним балансом між водопоглинанням і еластичністю, що забезпечує рівномірну текстуру та гарний зовнішній вигляд.

Сахарне печиво характеризується ніжною, хрусткою текстурою та солодким смаком, що забезпечується специфічними вимогами до борошна. Для його виробництва потрібне борошно з низькою водопоглинальною здатністю, що дозволяє отримати м'яке, пластичне тісто, яке легко формується та забезпечує рівномірне випікання. Вміст клейковини у борошні для цукрового печива повинен бути невисоким (18–22%), що сприяє мінімальній еластичності тіста і створенню розсипчастої структури готового виробу. Крім того, важливою є висока білизна борошна, яка надає готовому продукту естетичного вигляду.

Затяжне печиво має більш щільну текстуру і пружність, яка досягається завдяки підвищеному вмісту клейковини (20–25%) та помірній водопоглинальній здатності борошна. Для цього виду печива важлива стабільність тіста під час формування та випікання, що залежить від балансу між пружністю та пластичністю. Борошно для затяжного печива повинно мати середні значення показника енергії деформації (W) — близько 200–250 одиниць, що забезпечує збереження форми виробу після формування. Особливо важливо, щоб борошно забезпечувало однорідність структури печива і тривалий термін зберігання готового продукту без втрати смакових властивостей.

Таким чином, борошно для кондитерських виробів повинно відповідати суворим технологічним вимогам, які визначаються особливостями виробу та технології його виготовлення. Правильний вибір борошна дозволяє досягти необхідної текстури, смакових властивостей і зовнішнього вигляду, що є ключовим для успіху у виробництві борошняних кондитерських виробів.

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 печива та спроектувати схему технологічного процесу з переробки пшениці у борошно.

Завдання роботи:

- провести аналіз показників якості борошна різних виробників для обрання зразку борошна для печива;
- 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 планується збудувати на території Одеської області, яка є важливим агропромисловим регіоном України. Розташування заводу саме в цій області обумовлене низкою факторів, зокрема зручним географічним розташуванням, наявністю розвиненої транспортної інфраструктури та високою концентрацією підприємств агропромислового комплексу.

В Одеській області діють великі підприємства, які входять до ТОП-100 в галузі переробки зернових і виробництва борошна. Серед них слід відзначити ДП "Куліндорівський комбінат хлібопродуктів" з обсягом виробництва 26303 т у 2020 році. Однак це підприємство має високий коефіцієнт незавантаженості, що вказує на нерівномірне використання його потужностей. Інше підприємство, ДПЗКУ "Одеський комбінат хлібопродуктів", у 2020 році виробило лише 3198 т продукції і фактично не працює, що свідчить про потенційну потребу в модернізації або заміщенні його потужностей новими виробничими об'єктами. Також на ринку представлені ТОВ "ФАРІН", СФГ Куцарєва Ф.С. та ТОВ "Грейн Мілл", які займаються переробкою зерна та виробництвом борошна, однак їх обсяги не повністю покривають потреби як внутрішнього ринку, так і експорту.

Крім вищезгаданих підприємств, регіон має низку невеликих переробних об'єктів, які здебільшого спеціалізуються на виробництві кормових сумішей та інших зернових продуктів.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.624-03.V.5.3			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Резніченко М.В.			Розділ 2	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волощенко О.С.					13	
						ОНТУ		
Консультант		Басюркіна Н.Й.						
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						

Проте існує потреба у збільшенні виробничих потужностей з акцентом на високоякісне сортове борошно, яке має стабільний попит як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Зростання попиту на пшеничне борошно у країнах, що імпортують українську продукцію, таких як Туреччина, Єгипет та Італія, також створює додаткові можливості для нових підприємств.

Вибір Одеської області як місця для будівництва млинзаводу також підкріплюється наявністю розвинутої транспортної інфраструктури, зокрема портів, через які здійснюється експорт продукції. Це дозволить значно скоротити логістичні витрати та забезпечити конкурентоспроможність продукції на міжнародному ринку. Водночас близькість до основних сільськогосподарських районів регіону забезпечує стабільні поставки сировини, що знижує залежність від сезонних коливань і додаткових витрат на транспортування.

Таким чином, будівництво нового млинзаводу в Одеській області є стратегічно обґрунтованим рішенням, яке дозволить заповнити прогалини в існуючій системі переробки зернових, створити нові робочі місця, підвищити експортний потенціал регіону та сприяти загальному розвитку агропромислового комплексу України.

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.

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 (Кз) 0,8 та робочому періоді (Р) 245 діб на ньому можна переробити зерна пшениці (Vз):

$$V_3 = P_{\text{доб}} \times K_q \times P = 125 \times 0,8 \times 245 = 24500 \text{ т.}$$

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 третього класу (для продовольчих потреб).

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.

У проекті запропоновано виробництво спеціалізованого борошна (для печива) за рахунок використання зерна 3 класу з вмістом клейковини 20-21% та вибору окремих потоків з високою білістю та низьким вмістом білка (клейковини).

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

- борошно спеціалізоване для печива – 20%;
- борошно вищого сорту – 41%;
- борошно першого сорту – 11%;
- борошно другого сорту – 6%;
- 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
2. Обсяги переробки зерна власних ресурсів (Vз.вл)	100	100	24500	х
3. Виробництво готової продукції з власних ресурсів	78	78	19110	х
Борошно для печива	21	19,5	4778	16 000
Борошно вищого сорту	37	41,5	10168	15 000
Борошно першого сорту	15	10,7	2622	14 400
Борошно другого сорту	5	6,3	1544	13 200
Висівки	19,1	19,1	4680	5 900
Кормопродукти	2,2	2,2	539	1 100
Механічні втрати та усушка	0,7	0,7	172	-
4. Всього реалізація продукції з власних ресурсів			х	х
5. Переробка зерна клієнтів	0	0	0	1 800
Всього обсяг реалізації продукції та послуг (РП)			х	х

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 $R_{пр} = 10\%$.

$$П = РП \times 10 / (100 + 10) = 315311 \times 10 / (100 + 10) = 28665 \text{ тис. грн.}$$

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:

$$I_{\text{ок}} = 0,10 \times RP = 0,10 \times 315311 = 31531 \text{ тис. грн.}$$

Тоді:

$$I_{\text{кр}} = I - I_i = 125281 - 31320 = 93961 \text{ тис. грн.}$$

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) – 31320 тис. грн, решта (25%) – за рахунок кредиту ($I_{кр}$) – 93961 тис. грн..

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

$$I_{кр} = I - I_i = 125281 - 31320 = 93961 \text{ тис. грн.}$$

РОЗДІЛ 3

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ’ЄКТІВ ТА КОМУНІКАЦІЙ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Загальна характеристика та вимоги до генерального плану підприємства

Розміщення млинзаводу повинно враховувати вимоги до інфраструктури, екології та технології виробництва. Для вибору місця важливими критеріями є доступність транспортних магістралей, наявність інженерних комунікацій, таких як водопостачання, електропостачання та каналізація, а також дотримання санітарно-захисних зон. Площа території для млинзаводу середнього розміру становить від 5 до 8 гектарів. Основні виробничі будівлі займають 60–70% площі, склади для сировини та готової продукції – 20–30%. Відстань між будівлями повинна бути не менше 15 метрів для забезпечення безпеки та зручної логістики.

Водопостачання млинзаводу проектується з урахуванням потреб у воді на рівні 100–150 м³/добу. Для цього можуть бути використані автономні свердловини або підключення до центральної системи. Електропостачання повинно забезпечувати потужність 200–300 кВт залежно від масштабу виробництва, із резервними джерелами живлення. Каналізація проектується для промислових і побутових стоків із можливістю встановлення локальних очисних споруд. Якщо підприємство використовує газ, необхідно підключення до газопроводу середнього тиску з обсягом споживання до 3000 м³/добу.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.624-03.V.5.3			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 3	Літ	Аркуш	Аркушів
Розробив		Резніченко М.В.						
Керівник		Волощенко О.С.					19	
Консультант						ОНТУ		
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						

Транспортна інфраструктура має забезпечувати зручне транспортування сировини та продукції. Внутрішні дороги повинні мати ширину не менше 8 метрів, а майданчики для паркування та маневрування транспорту – займати 15% загальної площі. Для ефективної роботи складів обладнуються навантажувальні рампи з можливістю обслуговування до 5 вантажівок одночасно.

Основні виробничі будівлі, такі як млини та зерносклади, зазвичай мають висоту 10–18 метрів, склади для готової продукції обладнуються багаторівневими стелажми. Адміністративні будівлі та лабораторії зазвичай зводяться на 2–3 поверхи із загальною висотою до 12 метрів. Санітарно-захисна зона для млинзаводу повинна становити не менше 300 метрів від житлових будівель, а для зменшення впливу на навколишнє середовище підприємство оснащується сучасними фільтрувальними системами та організується зелена зона.

Ефективна організація потоків сировини та продукції передбачає автоматизоване транспортування зерна до млина транспортними конвеєрами або норіями, а готової продукції – на автомобілі чи залізничні вагони через спеціальні пункти. Це мінімізує втрати часу і покращує продуктивність. Усі ці заходи забезпечують будівництво сучасного, технологічного та екологічно безпечного млинзаводу.

3.2 Загальна характеристика будівлі борошномельного заводу

Млинзавод складається з зерноочисного, розмелювального та фасувального відділень, які розміщені у багатоповерховій будівлі, що повинна відповідати таким вимогам:

- розрахункова зимова температура повітря становить 20 °С;
- допустима сейсмічність – не більше 6 балів;
- клас будівлі – II;
- ступінь вогнестійкості – II;

– категорія вибухопожежної безпеки для розмелювального відділення – “Б”, для зерночисного відділення та складу в тарі – “В”.

Будівля борошномельного заводу має шість поверхів. Висота шостого поверху становить 6,37 м, п'ятого – 4,8 м, а всіх інших – 4,5 м. Загальна висота будівлі досягає 29,2 м.

Сітка колон передбачена з розмірами 6,0x6,0 м. Уздовж будівлі розташовані такі елементи: бункери для відходів (3,6 м), три ряди бункерів (3x2,8 м), будівельна вставка (1,8 м), три прольоти будівлі (3x6 м), будівельна вставка (1,8 м), чотири ряди бункерів для готової продукції (4x3,6 м), проліт для обладнання відділення готової продукції (4 м). Загальна довжина будівлі становить 52 м. Поруч розташований склад готової продукції завдовжки 48,13 м.

Між бункерами та зерночисним відділенням передбачена будівельна вставка завширшки 1,8 м, у якій розміщені норії. Аналогічна будівельна вставка є між розмелювальним відділенням і бункерами для готової продукції.

За шириною будівля включає чотири ряди бункерів (4x3,6 м) та проліт для обладнання (4,8 м), що формує загальну ширину 19,2 м.

Отже, загальні розміри будівлі з бункерами складають:

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

Склад готової продукції має наступні параметри:

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

3.3 Вимоги до будівлі

У будівлях каркасного типу використовуються фундаментні балки, які забезпечують опору зовнішнім і внутрішнім несучим стінам. Залізобетонні балки довжиною до 6 м мають трапецієподібний переріз. Ґрунтові води в районі будівництва розташовані на глибині понад 15 м.

Фундаменти будівель розроблені для спокійного рельєфу місцевості за відсутності ґрунтових вод. Фундамент під силосною частиною виконаний у вигляді монолітної залізобетонної плити, а під сіткою колон – у вигляді перехресних стрічкових фундаментів. Фундамент стаканного типу має глибину закладення 2,6 м.

Перекрыття виконані з монолітного залізобетону. Кровля має ухил 1:1,5, сумісна, без вентиляції, згідно з нормами СНіП II-26-76. У місцях стику кровлі з парапетом або шахтою ліфта передбачено посилення водоізоляційного шару додатковими двома шарами руберойду марки РКК-400 Б на бетонній мастиці МБК-Г-58.

Зовнішні стіни виконані з легкобетонних панелей товщиною 200 мм, які забезпечують підтримання постійної температури +13 °С та відносної вологості повітря 60-62 %. Перегородки виконані з цегли, шви між панелями ущільнені цементним розчином. Зовнішні стіни пофарбовані фарбою для зовнішніх робіт світлих тонів відповідно до вимог СНіП 14-21-73. Під внутрішні стіни та перегородки передбачені фундаментні балки та збірні залізобетонні колони. Перегородки відповідають нормам вогнестійкості, вологостійкості та шумоізоляції.

Підлога у виробничих приміщеннях виконана з бетону з підстильним шаром із бетону марки М100. Основа з ґрунту ущільнена галькою. У побутових приміщеннях підлога бетонна, покрита лінолеумом.

Для природного освітлення та вентиляції передбачені віконні отвори. Кількість, розміри та форма вікон відповідають архітектурним і функціональним вимогам. Використовується стрічкове скління сучасними віконними блоками.

Сходові марші виконані із збірних залізобетонних та металевих конструкцій. Ширина маршів становить 1,2 м, ширина сходових майданчиків відповідає ширині маршів. У будівлі передбачена одна внутрішня сходові клітина на всю висоту із пасажирськими ліфтами вантажопідйомністю 1000 і

320 кг. Окрема сходові клітина розташована біля відділення готової продукції. Також передбачені зовнішні пожежно-евакуаційні сходи.

Приміщення борошномельного цеху належать до категорій Б і В за рівнем вибухопожежонебезпеки. Для забезпечення безпеки дотримуються всі заходи, необхідні для приміщень таких категорій. Сходові клітини відокремлені від виробничих приміщень тамбур-шлюзами з постійним підпором повітря 20 Па. Стіни тамбур-шлюзів виконані з армованої цегли товщиною 120 мм, перекриття – монолітно-залізобетонні. Двері тамбур-шлюзів вогнестійкі, обладнані пристроями для самозакривання та ущільнення.

РОЗДІЛ 4 НАУКОВА ЧАСТИНА

4.1 Характеристика борошна для печива

Пшениця є однією з найважливіших продовольчих культур у світі, яка забезпечує понад 35% калорій і білка в раціоні людей. Вона займає близько 218 мільйонів гектарів посівних площ і щорічно приносить урожай, що перевищує 766 мільйонів тонн. Основними країнами-виробниками пшениці є Китай, Індія, США, які забезпечують значну частку світового виробництва. Висока врожайність цієї культури пояснюється її універсальністю: пшениця адаптується до різноманітних кліматичних умов і ґрунтів, що робить її доступною практично у всьому світі. Крім того, пшениця є основою продовольчої безпеки багатьох країн завдяки її високій поживній цінності та різноманітним способам переробки [1].

Історично пшениця відіграла ключову роль у становленні цивілізацій. Її вирощування розпочалося близько 10 тисяч років тому на території Близького Сходу, а згодом поширилося по всій Євразії та за її межі. Сьогодні вона займає провідне місце у структурі сільського господарства багатьох країн, будучи як продовольчою, так і кормовою культурою. Окрім споживання в їжу, пшениця використовується для виробництва кормів для тварин, а також у промисловості для виготовлення спирту, крохмалю та біопалива [2].

Пшеничне борошно є універсальною сировиною для виробництва різноманітних виробів. Воно використовується у виготовленні хліба, макаронних виробів, кондитерської продукції, а також у деяких промислових процесах.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.624-03.V.5.3			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 4	Літ	Аркуш	Аркушів
Розробив		Резніченко М.В.					24	
Керівник		Волощенко О.С.						
Консультант								
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.				ОНТУ		

У країнах Європи щорічне споживання пшеничного борошна на душу населення досягає 60-70 кілограмів, тоді як в країнах Азії цей показник трохи нижчий, але загальне споживання залишається значним [3].

Основні категорії виробів із пшеничного борошна включають хлібо-булочні продукти, макаронні вироби, кондитерські вироби та дієтичні продукти. Хліб є головним продуктом переробки пшениці: завдяки високому вмісту клейковини тісто стає еластичним і здатним утримувати газу, що формує структуру хлібного м'якуша. Макаронні вироби вимагають високобілкової муки, що забезпечує їх міцність і стійкість до розварювання. Кондитерські вироби, такі як печиво та торти, вимагають слабкої клейковини, яка надає продуктам розсипчасту текстуру [4].

Вироби з пшеничного борошна поділяються на кілька категорій залежно від їх призначення та складу. Хлібобулочні вироби включають різноманітні види хліба, багети, булочки, які є основою раціону в багатьох культурах. Для їх виробництва використовується борошно вищого або першого сорту з високим вмістом клейковини (30-35%). Макаронні вироби, навпаки, вимагають більш грубого помелу та вмісту білка 12-14%, що забезпечує їх форму і текстуру при варінні [5].

Кондитерські вироби відрізняються широким асортиментом: це торти, печиво, пироги, у складі яких борошно з низьким вмістом клейковини. Ще однією важливою категорією є дієтичні продукти із цільнозернового борошна, які містять більше клітковини та мінералів. Такий вид борошна використовується для продуктів, спрямованих на покращення здоров'я, таких як хліб із додаванням насіння, або продукти для людей з обмеженнями в харчуванні [2].

Основна відмінність тіста для кондитерських виробів від хлібобулочного полягає в його складі та технології приготування. Хлібобулочне тісто включає борошно, воду, дріжджі або закваску і характеризується високою вологістю (40-50%) та вмістом клейковини (30-35%), що забезпечує еластичність і пористість продукту. Кондитерське тісто, навпаки, містить більше

жиру, цукру і іноді яйця, що знижує його еластичність і робить структуру більш ламкою [6].

У виробництві печива і пісочних виробів тісто заміщується мінімально, щоб уникнути формування сильної клейковинної сітки. У результаті готові вироби отримують м'яку і крихку текстуру. У виробництві хліба, навпаки, важливий тривалий процес замішування, щоб активізувати розвиток клейковини і досягти потрібної структури м'якуша [3].

Клейковина відіграє ключову роль у виробництві тіста, забезпечуючи його еластичність і здатність утримувати газ. Для хлібобулочних виробів вміст клейковини має становити 25-28%, що дозволяє тісту підніматися і формувати пористу структуру м'якуша [3]. Крім кількісного вмісту, важливим є якість клейковини, яка визначається її пружністю, розтяжністю і здатністю утримувати форму. Сильна клейковина потрібна для хлібобулочних виробів, тоді як слабка (до 23-25%) підходить для кондитерських виробів, таких як печиво, забезпечуючи ніжну і розсипчасту текстуру [3].

Білість борошна є важливим показником, який визначає ступінь очищення зерна від оболонкових частинок і пігментів. Для борошна вищого сорту цей показник має перевищувати 54 одиниць, що забезпечує привабливий зовнішній вигляд готових виробів, таких як хліб або кондитерські вироби. Борошно з нижчою білістю частіше використовується в цільнозерновій продукції [2].

Білість також впливає на естетичне сприйняття продукту споживачами. Наприклад, у хлібобулочній промисловості висока білість забезпечує світлий м'якуш і привабливий вигляд хліба, а у кондитерських виробках — світлий колір готової продукції [3].

Зольність відображає вміст мінеральних речовин у борошні. Для борошна вищого сорту зольність не повинна перевищувати 0,55-0,60%, тоді як для першого сорту допустимий рівень становить до 0,75%. Підвищена золь-

ність може негативно вплинути на смакові якості продукту, але для цільнозернових виробів це є перевагою, оскільки збільшує вміст поживних речовин [6].

Зольність також впливає на технологічні характеристики борошна. Високий рівень зольності може свідчити про недостатнє очищення зерна, що важливо враховувати під час вибору сировини для конкретного продукту [5].

Крупність помелу визначає текстуру тіста і функціональні властивості борошна. Для хлібопекарської продукції оптимальна крупність становить 40-50 мкм, що сприяє рівномірному м'якушу. Для кондитерських виробів допускається більша крупність (до 100 мкм), що створює розсипчасту текстуру готових продуктів [2].

Пошкодження крохмалю впливає на здатність борошна поглинати воду і ферментуватися. Для хлібопекарських виробів оптимальний рівень пошкодженого крохмалю становить 6-8%, що забезпечує стабільну структуру тіста. Для кондитерських виробів рекомендований рівень нижчий — 3-5%, що сприяє ламкій текстурі виробів [3]. Пошкодження крохмалю також може впливати на забарвлення скоринки під час випікання. Вищий рівень пошкодженого крохмалю сприяє більш рівномірному забарвленню [6].

Число падіння є показником, що характеризує рівень ферментативної активності в зерні, впливаючи на якість борошна та його придатність для виготовлення кондитерських виробів. Для кондитерського борошна оптимальне число падіння зазвичай становить понад 250 секунд, що свідчить про низьку активність альфа-амілази та забезпечує стабільність структури тіста. Надмірно низьке число падіння (менше 200 секунд) може викликати підвищену клейкість тіста, що погіршує текстуру готових виробів, таких як печиво та торти [7,8]. Високі значення числа падіння (понад 350 секунд) свідчать про недостатню активність ферментів, що може обмежувати взаємодію білків і крохмалю під час випікання. Для кондитерських виробів це може

бути недоліком, оскільки це обмежує формування рівномірної текстури виробів. Збалансовані значення числа падіння сприяють досягненню високої якості та стабільності готових продуктів [9].

Окрім ферментативної активності, важливими факторами, що впливають на число падіння, є умови вирощування зерна, зокрема вологість і температура під час дозрівання. Надмірна кількість опадів перед збиранням врожаю часто спричиняє зниження числа падіння через активізацію ферментів у зерні, що може впливати на його подальшу обробку [10].

Лугоутримуюча здатність, як і число падіння, є важливим показником для кондитерського борошна, що впливає на його функціональні властивості. Цей показник характеризує здатність борошна утримувати лужні розчини, забезпечуючи правильний баланс між пластичністю тіста і його розсипчастістю. Для борошна, що використовується в кондитерській промисловості, оптимальні значення лугоутримуючої здатності становлять 40–60 мл залежно від типу виробу. Борошно з низькою здатністю утримувати луги може призводити до зниження якості печива, оскільки текстура виробів стає менш ламкою [6,11].

Високі значення лугоутримуючої здатності також позитивно впливають на смакові характеристики та аромат готових виробів. Вони дозволяють отримати більш насичений смак і довший термін зберігання продукції. Крім того, борошно з оптимальною лугоутримуючою здатністю полегшує процес замішування тіста, що є важливим для масового виробництва кондитерських виробів [12].

Сила борошна оцінюється за індексом W , який визначає її здатність утворювати пружне і стійке тісто. Для хлібопекарських виробів цей показник має становити 250-350 одиниць, що дозволяє створювати вироби з тривалим часом бродіння. Для кондитерських виробів сила борошна може бути нижчою — 100-200 одиниць, що підходить для тіста з коротким часом випікання [13]. Висока сила борошна є важливою для виробництва багетів і піци,

оскільки забезпечує міцність і еластичність тіста. Низька сила борошна, навпаки, краще підходить для пісочного тіста, що використовується в печиві [5].

Показники альвеографа P і L характеризують механічні властивості тіста. P визначає його стійкість до деформації. Для борошна, що використовується в кондитерській промисловості, оптимальне значення P становить 40–60 мм, що забезпечує необхідну структуру тіста. Високі значення цього показника можуть зробити тісто надмірно жорстким, що не є бажаним для печива та інших виробів із розсипчастою текстурою [14]. L , або розтяжність тіста, відображає його здатність розширюватися під час обробки. Для кондитерських виробів бажано, щоб показник L був достатньо високим (70–100 мм), щоб забезпечити еластичність тіста під час формування. Співвідношення P/L зазвичай має бути в межах 0,4–0,6, що забезпечує необхідний баланс між пружністю та пластичністю тіста [15,16]. Ці показники є критичними для виробів із тонкою текстурою, таких як пісочне печиво або крекери. Вони забезпечують стабільність і якість готових продуктів, дозволяючи адаптувати процес виробництва до різних типів тіста [10].

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-3МУ;

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 [17].

4.3 Результати досліджень

Відповідно до індивідуального завдання було проаналізовано стандартні показники якості (MC – вологість, WH – білість, GC – вміст клейковини, GDI – індекс деформації клейковини, FN – число падіння), розширені показники якості (AC – зольність, PC – вміст білка, SD – пошкоджений крохмаль, WAC – водопоглинальна здатність), показники SRC (SRC WA – поглинання води, SRC SUC – поглинання сахарози, SRC CAR – поглинання карбонатів, SRC LAC – поглинання лактату натрію, GPI – індекс функціона-

льності глютену) та показники альвеографу (P – міцність тіста, L – розтяжність, G – показник розтяжності з урахуванням міцності, W – енергія деформації, P/L – співвідношення міцності до розтяжності, Ie – індекс збалансованості).

Таблиця 4.1 – Стандартні показники якості борошна

Зразок	MC, %	WH, un.	GC, %	GDI, un.	FN, sec
1 (Сумська обл.)	14,6	56	24,0	80	300
2 (Житомирська обл.)	13,7	51	23,1	68	373
3 (Одеська обл.)	12,6	51	27,7	82	390
4 (Львівська обл.)	13,7	39	27,0	85	305
5 (Дніпропетровська обл.)	12,6	56	22,8	44	402

Вологість муки є важливим параметром, який впливає як на збереження продукту, так і на його технологічні властивості. Надмірно висока вологість може створити сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів, тоді як пересушена мука втрачає свою пластичність, що впливає на якість кінцевих виробів. Для печива, яке має низьку вологість, краще підходить борошно з низькою вологістю. Це дозволяє уникнути надмірного поглинання води під час замішування і зберігати текстуру тіста під час випікання. У досліджених зразках вологість коливається від 12,6% у зразка 3 (Дніпропетровська обл.) до 14,6% у зразка 1 (Сумська обл.). Усі значення знаходяться в межах норм ГСТУ 46.004-99 (менше 15%), причому найкраще збалансованим є зразок 5 (Дніпропетровська обл.), який має вологість 12,6% і забезпечує оптимальні умови для роботи з тестом.

Білість борошна є параметром, який визначає його здатність відбивати світло і, як наслідок, впливає на зовнішній вигляд виробів. Для печива високі значення білості не є критично важливими, крім деяких видів, але вони можуть впливати на естетичні властивості готового продукту, особливо

якщо використовується мука для виробів зі світлим кольором. У зразках білість варіюється від 39 одиниць у зразка 4 (Львівська обл.), що є досить низьким значенням, до 56 одиниць у зразків 1 (Сумська обл.) та 5 (Дніпропетровська обл.).

Вміст клейковини визначає еластичність і здатність тіста до утримання форми. Для печива важливо, щоб вміст клейковини був нижчим, оскільки надлишок цього компоненту робить тісто занадто міцним, що може погіршити його текстуру, зробивши вироби жорсткими. Зразки демонструють значну варіацію вмісту клейковини: від 22,8% у зразка 5 (Дніпропетровська обл.) до 27,7% у зразка 3 (Одеська обл.). Найбільш відповідним для виготовлення печива є зразок 5, який має найнижчий вміст клейковини, що забезпечує розсипчастість і ніжність кінцевого продукту.

Індекс деформації клейковини характеризує її еластичність і стабільність. Цей параметр є особливо важливим для печива, оскільки висока еластичність може призводити до того, що тісто буде важче розкачувати і формувати, а також втратить свою хрупкість після випікання [18,19]. Значення індексу варіюються від 44 одиниць у зразка 5 (Дніпропетровська обл.) до 85 одиниць у зразка 4 (Львівська обл.). Зразок 5 із найнижчим значенням демонструє найбільшу придатність для виготовлення печива, забезпечуючи простоту в обробці тіста та його стабільність під час випікання.

Число падіння визначає ферментативну активність муки, зокрема вплив амілаз, які можуть сприяти розрідженню крохмалю. Для печива бажано, щоб цей показник залишався у межах, які запобігають надмірній липкості тіста, але дозволяють зберігати його консистенцію. У зразках число падіння варіюється від 300 секунд у зразка 1 (Сумська обл.) до 402 секунд у зразка 5 (Дніпропетровська обл.). Найкраще підходить для печива мука із числами падіння вище середнього, наприклад, як у зразка 5, що забезпечує низьку ферментативну активність і стабільність при формуванні тіста.

Таблиця 4.2 – Розширені показники якості борошна

Зразок	АС, %	РС, %	SD, UCD	WAC,%
1 (Сумська обл.)	0,54	10,7	23,9	56,7
2 (Житомирська обл.)	0,53	10,7	20,1	57,0
3 (Одеська обл.)	0,56	11,4	22,0	56,8
4 (Львівська обл.)	0,84	12,7	23,9	57,0
5 (Дніпропетровська обл.)	0,44	11,2	19,2	59,2

Зольність борошна характеризує вміст мінеральних речовин і ступінь очищення від оболонок зерна. Високі значення зольності зазвичай свідчать про низький ступінь очищення, що може негативно вплинути на текстуру та колір виробів [20,21]. Для печива оптимальними є значення зольності, які не перевищують стандартних норм для пшеничного борошна вищого ґатунку (до 0,55%). У досліджених зразках зольність коливається від 0,44% у зразка 5 (Дніпропетровська обл.) до 0,84% у зразка 4 (Львівська обл.). Зразки 1, 2, 3 та 5 демонструють відповідність стандарту, тоді як зразок 4 має завищене значення, що може впливати на якість печива.

Вміст білка у борошні є критичним показником для формування структури тіста. Для печива бажано використовувати борошно з низьким або середнім вмістом білка, що забезпечує крихку текстуру та легкість виробів [22]. У досліджених зразках вміст білка варіюється від 10,7% (зразки 1 і 2) до 12,7% (зразок 4). Найкращим для печива є зразок 1 (Сумська обл.) та зразок 5 (Дніпропетровська обл.) завдяки низькому або середньому вмісту білка.

Пошкоджений крохмаль утворюється під час помелу зерна і впливає на здатність борошна поглинати воду. Для печива надмірна кількість пошкодженого крохмалю може ускладнити замішування тіста і вплинути на

його текстуру [23,24]. У зразках цей показник варіюється від 19,2 UCD (зразок 5, Дніпропетровська обл.) до 23,9 UCD (зразки 1 і 4). Найкраще для печива підходять зразки з нижчим значенням – зразок 5.

Водопоглинальна здатність борошна визначає кількість води, яку може поглинати борошно при замішуванні тіста. Для печива бажані середні або трохи підвищені значення WAC, які забезпечують оптимальну консистенцію тіста [25,26]. У досліджених зразках водопоглинальна здатність варіюється від 56,7% (зразок 1, Сумська обл.) до 59,2% (зразок 5, Дніпропетровська обл.). Найкраще для печива підходить зразок 5.

Таблиця 4.3 – Показники SRC тесту

Зразок	SRC WA, %	SRC SUC, %	SRC CAR, %	SRC LAC, %	GPI
1 (Сумська обл.)	65	83	82	115	0,7
2 (Житомирська обл.)	62	85	82	110	0,65
3 (Одеська обл.)	66	97	86	126	0,69
4 (Львівська обл.)	69	94	97	113	0,59
5 (Дніпропетровська обл.)	64	88	76	120	0,73

Тест на здатність утримувати розчинники (Solvent Retention Capacity, SRC) є важливим інструментом для оцінки функціональних властивостей борошна. Він вимірює здатність борошна утримувати воду та інші розчини, що характеризує його хімічний склад, структуру та придатність для випічки. Метод базується на використанні чотирьох різних розчинів: води, натрію карбонату, сахарози та молочної кислоти. Кожен із розчинів допомагає оцінити специфічні компоненти борошна, такі як пошкоджений крохмаль, пентозани чи глютенінові білки. Тест SRC дозволяє швидко визначити якість борошна, його здатність утримувати воду, пружність тіста та інші ключові характеристики для різних хлібобулочних виробів [25,27]

Для борошна, призначеного для печива, SRC є ефективним методом оцінки якості, оскільки дозволяє визначити здатність борошна забезпечувати необхідну текстуру та об'єм печива. Зокрема, водоутримувальна здатність (WRC) показує, наскільки добре борошно взаємодіє з водою, що важливо для створення оптимальної консистенції тіста. У свою чергу, здатність до утримання сахарози (SuSRC) є ключовою для солодких продуктів, таких як печиво, оскільки вона відображає здатність тіста до рівномірного розподілу вологи та підвищення стабільності. Дослідження демонструють, що низький рівень SuSRC корелює з більшим діаметром і кращою якістю готового печива [26,28]. Тест SRC також широко використовується для вивчення впливу пошкодженого крохмалю, білкових структур і мінерального складу на поведінку тіста при випічці печива [25].

Поглинання води (SRC WA) є важливим показником, який визначає здатність борошна утримувати воду в процесі приготування тіста. Для печива бажані помірні значення цього показника, оскільки надлишкове поглинання води може ускладнити роботу з тістом і вплинути на його текстуру після випікання. У досліджених зразках значення SRC WA варіюються від 62% (зразок 2, Житомирська обл.) до 69% (зразок 4, Львівська обл.).

Поглинання сахарози (SRC SUC) характеризує здатність борошна зв'язувати сахарозу, що важливо для отримання однорідної структури тіста в умовах високого вмісту цукру, як у рецептах печива. Вищі значення свідчать про кращу взаємодію компонентів борошна із сахарозою. У зразках показник SRC SUC варіюється від 83% (зразок 1, Сумська обл.) до 97% (зразок 3, Одеська обл.).

Поглинання карбонатів (SRC CAR) є важливим показником для оцінки взаємодії структурних компонентів борошна з хімічними розпушувачами, які часто використовуються в печиві. Для печива важливо, щоб значення цього показника були помірними. У досліджених зразках значення варіюються від 76% (зразок 5, Дніпропетровська обл.) до 97% (зразок 4, Львівська обл.).

Поглинання лактату натрію (SRC LAC) відображає якість глютену та його здатність впливати на еластичність тіста. Для печива бажані значення нижче 120%, що сприяють меншій еластичності та крихкій структурі тіста. У зразках значення варіюються від 110% (зразок 2, Житомирська обл.) до 126% (зразок 3, Одеська обл.). Найкраще підходять зразки 2 і 5, які демонструють нижчі значення цього показника.

Індекс функціональності глютену (GPI) показує співвідношення між водою, яка утримується білками, і водою, поглиненою іншими компонентами борошна. Для печива оптимальними є середні значення цього показника, які забезпечують достатню функціональність борошна без надмірної еластичності. У зразках значення GPI варіюються від 0,59 (зразок 4, Львівська обл.) до 0,73 (зразок 5, Дніпропетровська обл.).

Таблиця 4.4 – Показники альвеографу

Зразок	P, мм вод. ст.	L, мм	G	W, од. ал.	P/L	Ie, %
1 (Сумська обл.)	91	45	15	156	2,02	38
2 (Житомирська обл.)	81	55	17	147	1,47	38
3 (Одеська обл.)	86	70	19	211	1,23	54
4 (Львівська обл.)	91	65	18	169	1,40	37
5 (Дніпропетровська обл.)	82	90	21	235	0,91	55

Дані таблиці показують, що зразки 5 (Дніпропетровська обл.) та 2 (Житомирська обл.) є найбільш збалансованими для виготовлення печива. Зразок 5 демонструє найкращі характеристики завдяки високій розтяжності тіста (L = 90 мм), низькому співвідношенню міцності до розтяжності (P/L = 0,91) та найвищому індексу стабільності тіста (Ie = 55%). Ці показники забезпечують зручність у роботі з тістом і створення якісної текстури готових виробів. Зразок 2 має низьку міцність (P = 81 мм) і середнє значення енергії

деформації ($W = 147$ од. ал.), що сприяє формуванню крихкої структури печива без надмірної жорсткості.

Інші зразки менш придатні через надмірну міцність або низьку стабільність. Наприклад, зразок 1 (Сумська обл.) має найвище значення співвідношення P/L (2,02), що свідчить про надмірну міцність і недостатню розтяжність тіста, що ускладнює обробку. Зразки 3 (Одеська обл.) та 4 (Львівська обл.) демонструють помірну збалансованість, але поступаються за показниками стабільності тіста та еластичності. Таким чином, зразки 5 і 2 є найкращими виборами для виробництва печива.

На основі аналізу всіх показників якості, найкращими властивостями для виготовлення печива характеризуються зразки 2 (Житомирська обл.) та 5 (Дніпропетровська обл.).

Зразок 2 демонструє збалансованість за всіма ключовими параметрами. Низький вміст білка ($PC = 10,7\%$) і клейковини ($GC = 23,1\%$) забезпечують розсипчасту текстуру печива. Низька міцність тіста ($P = 81$ мм вод. ст.) і помірна розтяжність ($L = 55$ мм) сприяють легкості роботи з тістом. Показники ферментативної активності ($FN = 373$ с) та водопоглинання ($WAC = 57,0\%$, $SRC WA = 62\%$) забезпечують оптимальний баланс між стабільністю тіста та його пластичністю, що є ключовим для формування печива. Енергія деформації тіста ($W = 147$ од. ал.) і збалансовані показники SRC вказують на те, що цей зразок дозволяє отримати добре сформоване тісто без надмірної жорсткості або липкості, що робить його придатним для широкого спектра рецептур печива.

Зразок 5 виділяється високою розтяжністю тіста ($L = 90$ мм) і низьким співвідношенням міцності до розтяжності ($P/L = 0,91$), що дозволяє отримати легке у формуванні тісто. Найнижчий вміст клейковини ($GC = 22,8\%$) і помірний вміст білка ($PC = 11,2\%$) сприяють створенню ніжної текстури готових виробів. Висока стабільність тіста ($Ie = 55\%$) та здатність до водопоглинання ($WAC = 59,2\%$, $SRC WA = 64\%$) забезпечують універсальність

цього зразка, роблячи його придатним як для простих, так і для складних рецептур печива.

РОЗДІЛ 5 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Характеристика сировини та готової продукції

Зерно твердої та м'якої пшениці всіх класів повинно бути в здоровому стані, без ознак запареності або теплового ушкодження; мати притаманний здоровому зерну запах (без затхлого, солодового, пліснявого, гнильного, полинового, сажкового чи запаху нафтопродуктів тощо); мати природний для зерна колір; зараження шкідниками зерна є неприпустимим. Пшениця, яка через несприятливі умови дозрівання, збирання чи зберігання втратила природний колір, класифікується як «знебарвлена», а ступінь її знебарвленості зазначається. Для зерна м'якої пшениці 1—3 класів допускаються перший і другий ступені знебарвленості, а для 4-го класу можливий будь-який ступінь знебарвлення.

Залежно від показників якості зерно м'якої пшениці розподіляється на чотири класи згідно з вимогами, вказаними в табл. 5.1. Пшеницю м'яких сортів 1—3 класів використовують для продовольчих цілей (головним чином у борошномельній та хлібопекарській галузях) і для експорту. Зерно 4-го класу застосовують як для продовольчих, так і для непродовольчих цілей, а також для експорту. На вимогу замовника в зерні м'якої та твердої пшениці можуть бути визначені додаткові показники якості, які не є класоутворювальними, наприклад, кількість зерен, пошкоджених клопом-черепашкою, сила борошна за альвеографом, індекс седиментації тощо, відповідно до чинних методик.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.624-03.V.5.3		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Резніченко М.В.			Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волощенко О.С.				39	
Консультант					ОНТУ		
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.			Розділ 5		

Вологість зерна та вміст домішок у партії пшениці допускаються вище за граничні норми лише за домовленістю сторін і за умови технологічної можливості доведення такого зерна до необхідних показників якості.

Таблиця 5.1 – Показники якості зерна м'якої пшениці по класах згідно з ДСТУ 3768-2019 «ПШЕНИЦЯ. Технічні умови» [29]

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 сирової 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

Якщо хоча б один із показників якості зерна м'якої пшениці не відповідає граничній нормі, таке зерно переводять у відповідний клас за якістю. Якщо показники кількості та якості клейковини не відповідають мінімальним вимогам для 1—3 класів, пшеницю переводять до 4-го класу за умови дотримання інших вимог до якості.

При визначенні зернової домішки до неї зараховують:

- зерна пшениці, які є невиповненими, пророслими або пошкодженими теплом;
- зерна із забарвленим зародком: у м'якій пшениці 1—3 класів — понад 8 %, а в м'якій пшениці 4-го класу — понад 30 %;
- зерна пшениці, пошкоджені комахами або биті, незалежно від характеру їх пошкоджень;
- зерна інших злакових культур, які, відповідно до стандартів цих культур, не відносять за характером їх пошкоджень до смітцевої домішки;
- у м'якій пшениці 4-го класу — зерна та насіння зернових і зернобобових культур, за винятком насіння сої, які за характером їх пошкоджень, відповідно до стандартів, відносять до зернової домішки.

При визначенні смітцевої домішки до неї зараховують:

- дрібний прохід крізь сито з отворами розміром 1,0 мм × 20,0 мм, який належить до мінеральної домішки, включаючи шкідливу домішку;
- у залишку на ситі з отворами розміром 1,0 мм × 20,0 мм:
 - мінеральну, органічну та шкідливу домішки, а також пошкоджені зерна пшениці, жита, тритикале та ячменю;
 - частини зерен пшениці, жита, тритикале, ячменю, у яких ендосперм повністю виїдений.

У межах даної кваліфікаційної роботи передбачено виробництво сортового пшеничного борошна (вищого та першого сортів). Сортове борошно — це частинки подрібненого зерна пшениці, отримані в результаті вибіркового подрібнення зерна, які переважно складаються з частинок ендосперму

з невеликою кількістю подрібнених оболонки, зародка та алейронового шару.

За органолептичними та фізико-хімічними показниками сортове пшеничне борошно повинно відповідати вимогам, наведеним у таблиці. 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники якості борошна згідно з ГСТУ 46.004-99 «БОРОШНО ПШЕНИЧНЕ. Технічні умови» [30]

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» [30]

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» [31]

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...» [32], а борошномельний завод складається з 3-х відділень:

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

У зерноочисному відділенні здійснюють очищення зерна пшениці від домішок, проводять обробку його поверхні та підготовку до подальшого використання шляхом вологотеплової обробки (ВТО) і формування помельної

партії. Також у цьому відділенні виконують контроль відходів і, за наявності відповідного обладнання, проводять грануляцію висівок [33–35].

Зерно, яке направляється в зерноочисне відділення борошномельного заводу, повинно відповідати обмежувальним кондиціям [32]. До цих норм зерно доводять на підготовчому елеваторі, де проводять попереднє очищення, за необхідності сушіння, а також формування партій зерна залежно від вимог до якості готової продукції. Формування партій зерна має бути ретельно спланованим, оскільки від цього залежить ефективність переробки всього обсягу зерна та його раціональне використання..

Усі обладнання, передбачене в даному проєкті, спроектоване виробництва фірми Alapros, за винятком обладнання для автоматичного контролю та регулювання вологості, яке виготовляє Buhler. Згідно зі схемою, зерно надходить з елеватора за допомогою ланцюгового конвеєра TZK 16/16 №1, норії ТКЕ 316 №1 і ланцюгових конвеєрів до 6 бункерів (по 3 в секціях А та В) із загальною ємністю для кожної секції 300 т, що забезпечує зберігання зерна протягом 48 годин роботи заводу.

Зерноочисне відділення працює в один потік. Змішування компонентів помельної партії здійснюється шляхом почергового подавання зерна високосклоподібного і низькосклоподібного типу. З бункерів зерно надходить через воронки та засувки SGP 170 до регуляторів потоків FBL 25. Електронні дозатори регулюють потік зерна, яке далі подається на шнек TVH-200 №1, магнітний сепаратор MGS 150, норію ТКЕ 316 №2 і транспортується на п'ятий поверх до автоматичних ваг ESB 150.

Очищення зерна розпочинається на ситовому сепараторі VGS 100/150 та пневмоканалі АСН 1000, де видаляються домішки за розмірами та аеродинамічними властивостями. Верхнє сито Ø 7,0 мм виділяє крупні домішки, а нижнє Δ 3,5 мм — дрібні домішки та дрібне зерно. Ефективність очищення за смітцевою домішкою становить 80%. Легкі домішки, включаючи відходи після пневмоканалу, транспортуються на контроль за допомогою конвеєра TVH-200 №6 і норії ТКЕ 316 №7, зважуються на вагах ESB 60 і зберігаються

у бункері ємністю 3 т, що розрахований на 9 годин роботи. Відходи проходять через віброднище VDB 130, магнітний сепаратор MGS 60, бурат і молоткову дробарку, після чого направляються на грануляцію.

Прохід через сито \varnothing 7,0 мм і схід із Δ 3,5 мм спрямовується на каміневідбірник CDS 120, який забезпечує очищення від мінеральних домішок з ефективністю 98-99%. Після підйому норією ТКЕ 316 №3 і очищення магнітним сепаратором MGS 150 зерно надходить до оббивальної машини SCR 30/130 та пневмоканалу АСН 1000, які зменшують зольність зерна на 0,03-0,05%.

Далі зерно надходить у трієрний блок TRU 900, де виділяють кукіль (\varnothing 4,25 мм) і вівсюг (\varnothing 11 мм), які спрямовують на контроль відходів. Ефективність видалення цих домішок становить 80%. Вологість зерна контролюється машиною MYFE-10, дані з якої передаються до регулятора MOZH-1000, що автоматично регулює кількість доданої води. Зволожене зерно розподіляється конвеєром TVH-200 №2 між двома бункерами для першого відволоження загальною ємністю 186 т, що забезпечує відволоження протягом до 24 годин.

Зерно з кожного бункера для першого відволоження проходить через випускні воронки та засувки SGP 170 зі швидкістю, що регулюється поточковими регуляторами FBL 25. Далі шнеком TVH-200 №4 і норією ТКЕ 316 №4 зерно транспортується до пневмосепаратора CASCADE 400, де додатково очищується, зволожується за допомогою MOZH-315 і знову шнеком TVH-200 №4 спрямовується на друге відволоження. Друге відволоження здійснюється у бункері ємністю 93 т і триває до 12 годин.

Після другого відволоження зерно надходить через випускну воронку та засувку SGP 170 зі швидкістю, встановленою регулятором потоку FBL 25. Далі воно транспортується шнеком TVH-200 №5 і норією ТКЕ 316 №6 через магнітний сепаратор MGS 150 до оббивальної машини SCR 30/130 та пневмоканалу АСН 1000. Повністю очищене і підготовлене зерно зберіга-

ється в оперативному бункері ємністю 4 т, після чого зважується на автоматичних вагах ESB 150, проходить контроль на магнітні домішки в MGS 150 і легкі домішки в CASCADE 400, а потім направляється на розмелювання.

5.3 Вибір, розрахунок та підбір технологічного обладнання зерноочисного відділення

Продуктивність борошномельного заводу становить 125 т/добу. У проєкті передбачено використання обладнання для зерноочисного відділення виробництва Alapros, за винятком обладнання для автоматичного контролю та регулювання вологості, яке надає компанія Buhler.

Продуктивність зерноочисного відділення для розрахунку технологічного та транспортного обладнання, необхідного для забезпечення стабільної роботи розмелювального відділення, визначається з урахуванням коефіцієнта збільшення продуктивності 1,2. Таким чином, загальна розрахункова продуктивність зерноочисного відділення складає 137,5 т/добу ($125 \times 1,1$) [36].

$$q_{з.оч} = 125 / 24 \cdot 1,1 = 5,7 \text{ т/год.}$$

Кількість бункерів розраховуємо за формулою:

$$N = q \cdot t / (E1б)$$

де q – продуктивність заводу, $q = 5,7$ т/год;

t – час перебування зерна в бункерах;

$E1б$ – ємність одного бункеру.

Ємність одного бункеру розраховуємо за формулою:

$$E1б = a \cdot b \cdot h \cdot \gamma \cdot k$$

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 – $0,75$ т/м³, зволоженого зерна пшениці – $0,70$ т/м³), відходів – $0,50$ т/м³;

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, $a \times b \times h$, м	Об'єм бункера V , м ³	Натура продукту γ , кг/м ³	Кв бункеру	Ємність бункеру $E1$, т	Тривалість знаходження продукту $T_{розр}$, год	Вихід продукції, %	К-ть бункерів розрахункова $N_{розр}$	К-ть бункерів прийнята $N_{факт}$	Тривалість знаходження продукту $T_{факт}$, 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 (q_m) визначаємо за паспортними даними.

Необхідну кількість машин знаходимо за формулою:

$$N_m = q_{з.оч} / q_m$$

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 прийнята
Магнітний сепаратор	MGS 150	5,7	12	0,5	1	5,7
Ваги	ESB 150	5,7	7	0,8	1	5,7
Ситовий сепаратор	VGS 100/150	5,7	7	0,8	1	5,7
Пневмоканал	ACH 1000	5,7	9	0,6	1	5,7
Каменевідбирник	CDS 180	5,7	9	0,6	1	5,7
Магнітний сепаратор	MGS 150	5,7	12	0,5	1	5,7
Оббивна машина	SCR 30/130	5,7	8	0,7	1	5,7
Пневмоканал	ACH 1000	5,7	9	0,6	1	5,7
Трієрна група	TRU 900	5,7	9	0,6	1	5,7
Контроль вологості (вимірювач)	MYFE-10	5,7			1	5,7
Контроль вологості (регулятор потоку)	MOZH-1000	5,7			1	5,7
Пневмосепаратор	CASCADE 400	5,7	9	0,6	1	5,7
Контроль вологості (регулятор потоку)	MOZH-315	5,7			1	5,7
Магнітний сепаратор	MGS 150	5,7	12	0,5	1	5,7
Оббивна машина	SCR 30/130	5,7	7	0,8	1	5,7
Пневмоканал	ACH 1000	5,7	9	0,6	1	5,7
Ваги	ESB 150	5,7	7	0,8	1	5,7
Магнітний сепаратор	MGS 150	5,7	12	0,5	1	5,7
Пневмосепаратор	CASCADE 400	5,7	9	0,6	1	5,7
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 (В1–В4), 3 вимельних (Вr1–

Br3), 2 сортувальних (D1–D2), 4 ситовіальних (P1–P4), 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 (крупоутворюючі системи). Ці системи призначені для отримання проміжних продуктів. Крупна крупка йде на збагачення на першу та третю ситовіальні системи (P1, P3), середня та дрібна крупки – на другу та четверту ситовіальні системи (P2, P4). В3 – третя драна (крупоутворююча 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 крупоутворюючими, на другій сортувальній системі (D2) – з останньої драної системи.

Для реалізації вибіркового подрібнення при сортовому помелі після первинного подрібнення на крупоутворюючих системах застосовуються ситовіальні 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 [37], 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 [37]:

- 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 печива) 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 (для печива) – 20%;
- борошно вищого сорту – 41%;
- борошно першого сорту – 11%;
- борошно другого сорту – 6%;
- 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 вальцових верстатів, розсійників, ситовіальних машин, вимелювальних машин, віброцентрофугалів, ентолейторів і магнітних колонок.

Необхідну кількість основного технологічного обладнання розмелювального відділення (вальцові верстати, розсійники, ситовійки) визначають по системах на основі балансового навантаження з розрахованого кількісного балансу і нормативних питомих навантажень на зазначене технологічне обладнання по системах [36]. Нормативні питомі навантаження приймають з урахуванням марки та ефективності технологічного обладнання. Необхідну довжину вальцової 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 вальцової лінії вальцових 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 вальцову лінію вальцових верстатів, площу просіюючої поверхні розсійників, ширину приймальних сит ситовіальних машин, відповідно;

L_f, F_f, B_f – загальна фактична довжина вальцової лінії вальцових 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	23,0	34500	25	30	1150	1380	2x1000/250	SRM 250/1000	1	1000	35
C1	6,3	9450	20	25	378	473	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	9,1	13650	20	25	546	683	2x1000/250	SRM 250/1000	1	1000	14
M7	6,6	9900	20	25	396	495	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.		Прийняттий 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	23,0	34500	6,4	8,5	0,5	0,7	6x7,9	SPS 628 (G)	0,5	4,0	8,8
C1det, C1	11,3	16950	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	9,1	13650	4,3	5,3	0,3	0,4	4x7,9	SPS 428 (G)	0,5	4,0	3,6
M7	6,6	9900	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		Прийнятий 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	7,0	10500	678	900	0,2	0,3	2x46	SPR 60/204	1	60	175
P2	13,0	19500	528	678	0,5	0,6	2x46	SPR 60/204	1	60	325
P3	9,0	13500	678	900	0,3	0,3	2x46	SPR 60/204	1	60	225
P4	14,0	21000	528	900	0,4	0,7	2x46	SPR 60/204	1	60	350
									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 қм, 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	23,0	1,4	1,7	0,8	1
IDT 43/4 1500	C1det, C1	11,3	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	9,1	0,6	2,5	0,2	1
IDT 51/5,5 3000	M7	6,6	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, kg/cm ² ·24h	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, kg/m ² ·24h	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, kg/cm ² ·24h	815	500-600
B, cm	184	

5.7 Технохімічний контроль виробництва. Застосування системи НАССР

Технохімічний контроль у борошномельному виробництві є невід'ємною складовою забезпечення стабільної якості продукції та ефективності виробничого процесу. Його основною метою є моніторинг дотримання технологічних норм, раціональне використання сировини, своєчасне виявлення відхилень у роботі обладнання та мінімізація втрат. Це дозволяє не тільки отримувати борошно, яке відповідає встановленим стандартам, але й підтримувати оптимальні умови для роботи всього виробничого комплексу.

Основні завдання технохімічного контролю охоплюють кілька ключових напрямів: перевірка якісних показників зерна та готового борошна, оцінка ефективності функціонування обладнання, а також контроль технологічних процесів у різних відділеннях. Завдяки систематичному підходу до контролю можна забезпечити високу якість кінцевого продукту і підтримувати стабільність виробничих процесів.

У зерноочисному відділенні контроль спрямований на забезпечення якісної підготовки зерна перед його подальшим переробленням. Серед основних аспектів технохімічного контролю в цьому відділенні виділяють:

- оцінку якості зерна, яка включає аналіз вмісту сміттєвих і зернових домішок, визначення рівня вологості зерна та його зараженості шкідниками. Ці показники визначають придатність сировини для розмелювання і впливають на якість борошна;

- контроль ефективності очищення зерна, що передбачає перевірку роботи основного обладнання: сепараторів, аспіраційних систем, трієрів і магнітних сепараторів. Оцінюється здатність обладнання ефективно видаляти домішки, зберігаючи при цьому максимальну кількість якісного зерна;

- аналіз підготовки зерна до розмелювання, який охоплює контроль параметрів кондиціонування, таких як рівень вологості, температура та тривалість обробки. Ці показники впливають на якість тіста, яке утворюється з борошна, та загальний вихід продукції.

У розмелювальному відділенні контроль зосереджується на забезпеченні отримання борошна відповідних стандартів. До основних завдань цього етапу належать:

- контроль роботи вальцьових верстатів, спрямований на перевірку рівномірності помелу зерна, зокрема ефективності вилучення оболонки і ступеня подрібнення ендосперму. Важливим показником є збереження балансу між тонкістю помелу та збереженням поживних властивостей борошна;

- аналіз якості борошна, що включає визначення таких параметрів, як зольність, білосніжність, крупність частинок і вміст клейковини. Ці показники визначають придатність борошна для різних видів випічки, забезпечуючи відповідність продукції заявленим характеристикам.

Технохімічний контроль також дозволяє підтримувати високу ефективність виробничих процесів, оперативно реагувати на будь-які збої та забезпечувати оптимальні умови для збереження сировини та готової продукції.

ції. Завдяки цьому підприємства мають можливість знижувати витрати, підвищувати рентабельність і забезпечувати споживачів продукцією стабільно високої якості.

Система НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points) на борошномельному заводі є ключовим елементом забезпечення безпеки харчової продукції. Вона дозволяє ідентифікувати, оцінювати та управляти ризиками, які можуть впливати на якість і безпеку продукції, що виготовляється. Основною метою впровадження НАССР є запобігання виникненню загроз для споживачів шляхом постійного контролю критичних точок технологічного процесу. Це гарантує відповідність продукції міжнародним стандартам безпеки та надійність її якості.

Система НАССР базується на суворому дотриманні низки основних принципів, кожен з яких спрямований на ефективне управління ризиками на всіх етапах виробництва.

Перший принцип – аналіз небезпек. Він полягає у виявленні та оцінці біологічних, хімічних і фізичних ризиків, які можуть впливати на безпеку продукції. На борошномельному заводі це можуть бути мікроорганізми, такі як бактерії чи цвіль, хімічні речовини, що потрапили у сировину (наприклад, пестициди або мийні засоби), або фізичні забруднювачі, такі як сторонні частинки (метал, каміння чи скло). Аналіз небезпек охоплює всі етапи виробництва – від прийому зерна до фасування готового борошна.

Другий принцип – визначення критичних контрольних точок (ККТ). Це ключові етапи технологічного процесу, на яких ризики можуть бути усунені, зведені до мінімуму або проконтрольовані. Наприклад, у борошномельному виробництві такими точками є очищення зерна (видалення сторонніх домішок), обробка зерна вальцьовими верстатами (запобігання механічним забрудненням) та фасування борошна (контроль герметичності упаковки). Визначення ККТ є критично важливим, адже це основа для подальшого контролю процесу.

Третій принцип – встановлення критичних меж. Для кожної контрольної точки встановлюються допустимі параметри, які забезпечують безпеку продукції. Наприклад, це може бути певний рівень вологості зерна, температура під час термічної обробки або тривалість процесу очищення. Вихід за межі цих параметрів означає потенційний ризик для безпеки продукції.

Четвертий принцип – моніторинг ККТ. Цей етап передбачає постійний контроль критичних точок із застосуванням автоматизованих систем або регулярних перевірок працівниками. Моніторинг дозволяє вчасно виявляти відхилення від встановлених критичних меж і оперативно вживати необхідних заходів. Наприклад, при виявленні підвищеної вологості зерна запускається система його додаткової сушки.

П'ятий принцип – коригувальні дії. Вони розробляються для усунення відхилень, що виникають у процесі виробництва. Наприклад, якщо виявлено перевищення рівня домішок у зерні, проводиться повторне очищення або заміна сировини. Коригувальні дії також включають аналіз причин порушення параметрів, щоб уникнути їх повторення у майбутньому.

Шостий принцип – верифікація. Регулярна перевірка ефективності системи НАССР допомагає переконатися, що всі заходи працюють належним чином. Це може включати тестування кінцевої продукції, перевірку обладнання або аналіз записів моніторингу. Верифікація дозволяє оцінити, чи відповідає система встановленим стандартам і чи забезпечує вона належний рівень безпеки.

Сьомий принцип – документування. Усі етапи впровадження, моніторингу та контролю системи НАССР мають бути задокументовані. Це включає записи про ідентифікацію небезпек, перелік критичних контрольних точок, критичні межі, результати моніторингу, коригувальні дії та перевірки. Документування забезпечує прозорість процесу і можливість аналізу роботи системи в разі виникнення проблем.

Завдяки впровадженню системи НАССР на борошномельному заводі забезпечується висока якість і безпека продукції. Постійний контроль на всіх етапах виробництва дозволяє мінімізувати ризики, підтримувати стабільність технологічного процесу та підвищувати довіру споживачів до готової продукції. Система НАССР є не лише інструментом забезпечення якості, але й важливим елементом конкурентоспроможності підприємства на сучасному ринку.

5.8 Охорона праці

Охорона праці на борошномельному заводі спрямована на створення безпечних і комфортних умов для всіх працівників, відповідно до вимог чинного законодавства та сучасних стандартів безпеки. Основними складовими системи охорони праці є впровадження новітніх технологій безпеки, регулярне навчання персоналу, контроль робочих умов і своєчасне усунення потенційних ризиків. Метою охорони праці є зниження ризиків виникнення травматизму, професійних захворювань і забезпечення продуктивної роботи персоналу.

На борошномельному виробництві можуть виникати такі небезпечні та шкідливі фактори:

- Пил, що створює загрозу для дихальної системи працівників і несе вибухонебезпеку. Концентрація пилу у виробничих приміщеннях не повинна перевищувати 10 мг/м³.

- Шум від обладнання, що негативно впливає на органи слуху. Допустимий рівень шуму – до 85 дБ.

- Вібрація, що виникає від роботи машин і механізмів і може призводити до професійних захворювань. Рівень локальної вібрації не повинен перевищувати 120 дБ.

- Рухомі частини обладнання, що створюють загрозу травмування.

- Підвищена температура у робочих зонах, яка може спричиняти тепловий стрес. Температура в приміщеннях не повинна перевищувати 26 °С у літній період.

- Використання хімічних речовин для обробки зерна або обладнання, які можуть викликати шкідливий вплив.

У зерноочисному відділенні охорона праці включає:

- Видалення пилу за допомогою аспіраційних систем з ефективністю не менше 95% і застосування респіраторів для захисту органів дихання.

- Зниження шумового навантаження шляхом встановлення шумоізоляційних екранів і обов'язкового використання захисних навушників.

- Захист працівників від рухомих частин обладнання за допомогою захисних кожухів та обмеження доступу до небезпечних зон.

- Забезпечення достатнього рівня освітлення робочих зон (не менше 200 лк) для запобігання травмуванню.

- Проходи для безпечного переміщення повинні мати ширину не менше 1,2 м.

У розмелювальному відділенні до основних заходів належать:

- Контроль і мінімізація вібрації шляхом регулярного технічного обслуговування обладнання та використання антивібраційних рукавичок.

- Організація вентиляції для запобігання перегріву приміщень із забезпеченням швидкості повітряного потоку не менше 0,5 м/с.

- Перевірка натягу сит і їх заміна для запобігання поломкам та зупинці роботи.

- Дотримання інструкцій із безпечної експлуатації вальцьових верстатів і використання засобів індивідуального захисту.

- Забезпечення освітленості на рівні не менше 300 лк для комфортної роботи працівників.

- Проходи між обладнанням повинні бути шириною не менше 1,5 м, щоб забезпечити безпечний рух персоналу та зручний доступ до обладнання.

Крім того, у всіх виробничих приміщеннях необхідно забезпечити наявність знаків безпеки, регулярне інформування персоналу про можливі ризики, організувати контроль за дотриманням вимог охорони праці та проводити систематичні інструктажі. Дотримання заходів охорони праці на всіх етапах виробничого процесу є критично важливим для створення безпечного середовища, збереження здоров'я працівників і забезпечення ефективної роботи підприємства.

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).

$$\text{ФОП} = 25 \times 13500 \times 12 / 1000 = 4050 \text{ тис. грн.}$$

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.624-03.V.5.3			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Резніченко М.В.			Розділ 6	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волощенко О.С.					67	
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:

$$\text{ПП} = \text{РП} / \text{Чосіб} = 315311 / 25 = 12612 \text{ тис. грн..}$$

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 [38];

$K_{тр}$ – 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:

$$C_{пп} = 0,10 \times C_{2кл} + 0,90 \times C_{3кл}.$$

$$C_{пп} = 0,1 \times 9700 + 0,9 \times 9200 = 9250 \text{ тис. грн.}$$

$$C_z = 9250 - 0,2 \times 9250 = 7400 \text{ грн;}$$

$$V_z = 7400 \times 1,05 \times 24500 / 1000 = 190365 \text{ тис. грн.}$$

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:

$$V_{доп} = V_z \times K_{доп} = 190365 \times 0,05 = 9518 \text{ тис. грн.}$$

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;

Нел – 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 $N_{в} = 4$ м³/т;

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

$В_{вод} = (23 + 23 \times 0,1) \times 4 \times 24500 / 1000 = 2367$ тис. грн.

$В_{рес} = В_{ел} + В_{вод} = 7681 + 2367 = 10048$ 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.

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

$$Впр = 0,1 \times (9518 + 10048 + 3459 + 12422) = 3545 \text{ тис. грн.}$$

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

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

$$Взаг = 0,3 \times (9518 + 10048 + 3459 + 12422) = 10634 \text{ тис. грн.}$$

ТАКИМ ЧИНОМ:

Інші витрати (Він) складають:

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

$$Він = 10048 + 3459 + 12422 + 3545 + 10634 = 40108 \text{ тис. грн.}$$

Виробнича собівартість продукції (Свир) визначається за формулою:

$$Свир = Вз + Вдоп + Він.$$

$$Свир = 190365 + 9518 + 40108 = 239991 \text{ тис. грн.}$$

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 %.

$$Вадм = 0,1 \times 40108 = 4011 \text{ тис. грн.}$$

$$Взбут = 0,05 \times 40108 = 2005 \text{ тис. грн.}$$

$Віод = 0,1 \times 40108 = 4011$ тис. грн.

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

$Вкр = 0,25 \times 93961 = 23490$ тис. грн.

ТАКИМ ЧИНОМ:

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

$Спов = 239991 + 4011 + 2005 + 4011 + 23490 = 273508$ тис. грн.

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

$Векс = Спов - Аовф - Вкр.$

$Векс = 273508 - 12422 - 23490 = 237596$ 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	190 365
Витрати на допоміжні матеріали	9 518
Витрати на ресурси	10 048
Витрати на заробітну платню та соціальні заходи	3 459
Витрати на амортизацію обладнання та будівлі	12 422
Витрати прями інші	3 545
Витрати загальновиробничі	10 634
ВИРОБНИЧА СОБІВАРТІСТЬ	239 991
у т.ч. без витрат на сировину та допоміжні матеріали	40 108
Адміністративні витрати	4 011
Витрати на збут	2 005
Інші витрати виробничої діяльності	4 011
Відсотки за кредит	23 490
ПОВНА СОБІВАРТІСТЬ	273 508
у т.ч. експлуатаційні витрати	237 596

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

$$П = РП - Спов = 315311 - 273508 = 41803 \text{ тис. грн.}$$

Рентабельність продукції (Рпр) визначають за формулою:

$$Рпр = П / Спов \times 100\% = (41803 / 273508) \times 100\% = 15,3\%.$$

Чистий прибуток (ЧП) в результаті реалізації проекту:

$$ЧП = П - П \times 0,18.$$

де 0,18 – відсоткова ставка податку на прибуток.

$$ЧП = 41803 - 41803 \times 0,18 = 34278 \text{ тис. грн.}$$

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 (Ток) складе:

$$T = I / \text{ЧП} = 125281 / 34278 = 3,7 \text{ років.}$$

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	315 311	315 311	315 311	315 311
Амортизаційні відрахування	Аовф	12 422	12 422	12 422	12 422
Експлуатаційні витрати	Векс	237 596	237 596	237 596	237 596
Виплати процентів за кредит	Вкр і	23 490	11 815	0	0
Балансовий прибуток (з урахуванням сплати процентів за кредит)	П і	41 803	53 478	65 293	65 293
Податок на прибуток	Ст	7 524	9 626	11 753	11 753
Чистий прибуток	ЧП і	34 278	43 852	53 540	53 540
Чистий прибуток, що залишається на підприємстві	ЧПзал і	0	9 013	53 540	53 540
Вільні грошові кошти	ВГК і	46 700	56 274	65 962	65 962

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	93 961	47 261	
Погашення кредиту	Впог і	46 700	47 261	
Борг на кінець року	Бкін і	47 261	0	
Проценти за кредит	Вкр і	23 490	11 815	

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

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

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

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

$$\Pi_i = \Delta RP - A_{ovf} - B_{екс} - B_{кр i}.$$

де i – поточний рік з моменту початку здійснення інвестицій.

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

$$Ст_i = 0,18 \times \Pi_i.$$

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

$$ЧП_i = \Pi_i - Ст_i.$$

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:

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

$$T_{\text{кр}} = 0 + 46700 / 47261 = 1,0 \text{ років.}$$

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	125 281	85 705	45 220	4 999
Вільні кошти (приріст чистого прибутку та приріст амортизації), тис. грн	$ВГК_i$	46 700	56 274	65 962	65 962
Дисконтована величина вільних грошових коштів, тис. грн	$ВГКd_i$	39 576	40 485	40 221	34 001
Чиста приведена вартість проекту, тис. грн	$ЧПВ_i$	-85 705	-45 220	-4 999	29 002

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 29002 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	315 311
4. Виробництво готової продукції з власних ресурсів (борошно)	т	19110
5. Повна собівартість	тис. грн	273 508
6. Прибуток	тис. грн	41 803
в т.ч. чистий прибуток	тис. грн	34 278
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	12 612
11. Рентабельність продукції	%	15,3
12. Інвестиції	тис. грн	125 281
в т.ч. в основні виробничі фонди	тис. грн	93 750
в оборотні кошти	тис. грн	31 531
13. Інвестиції інвестора	тис. грн	31 320
14. Інвестиції за рахунок кредиту	тис. грн	93 961
15. Термін повернення кредиту	років	1,0
16. Термін окупності інвестицій	років	3,1
17. Чиста приведена вартість проекту за 4 роки	тис. грн	29 002

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

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

$$\text{Ток} = 3 + 29002 / 34001 = 3,1 \text{ років.}$$

6.6 Висновки

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

Очікуваний прибуток складає 41803 тис. грн на рік.

Для реалізації проекту необхідно інвестиції у розмірі 125281 тис. грн – 75% за рахунок власних коштів, 25% – за рахунок кредиту. Термін окупності інвестицій 3,1 років, чиста приведена вартість проекту на кінець 4-го року дорівнюватиме 29002 тис. грн.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У результаті роботи розроблено технологію з переробки пшениці у борошно для печива продуктивністю 125 т/добу.

1) Проведено оцінку показників якості 5 зразків різного борошна. На основі аналізу всіх показників якості, найкращими властивостями для виготовлення печива характеризуються зразки 2 (Житомирська обл.) та 5 (Дніпропетровська обл.).

Зразок 2 демонструє збалансованість за всіма ключовими параметрами. Низький вміст білка ($PC = 10,7\%$) і клейковини ($GC = 23,1\%$) забезпечують розсипчасту текстуру печива. Низька міцність тіста ($P = 81$ мм вод. ст.) і помірна розтяжність ($L = 55$ мм) сприяють легкості роботи з тістом.

Показники ферментативної активності ($FN = 373$ с) та водопоглинання ($WAC = 57,0\%$, $SRC WA = 62\%$) забезпечують оптимальний баланс між стабільністю тіста та його пластичністю, що є ключовим для формування печива. Енергія деформації тіста ($W = 147$ од. ал.) і збалансовані показники SRC вказують на те, що цей зразок дозволяє отримати добре сформоване тісто без надмірної жорсткості або липкості, що робить його придатним для широкого спектра рецептур печива.

Зразок 5 виділяється високою розтяжністю тіста ($L = 90$ мм) і низьким співвідношенням міцності до розтяжності ($P/L = 0,91$), що дозволяє отримати легке у формуванні тісто. Найнижчий вміст клейковини ($GC = 22,8\%$) і помірний вміст білка ($PC = 11,2\%$) сприяють створенню ніжної текстури готових виробів.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.624-03.V.5.3			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Резніченко М.В.			ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волощенко О.С.					81	
Консультант						ОНТУ		
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						

Висока стабільність тіста ($I_e = 55\%$) та здатність до водопоглинання ($WAC = 59,2\%$, $SRC WA = 64\%$) забезпечують універсальність цього зразка, роблячи його придатним як для простих, так і для складних рецептур печива.

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 для печива 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), 4 ситовіальних (P1–P4), 1 шліфувальну (S1), 7 розмелювальних (M1–M7) та 2 сходових розмелювальних (C1–C2) систем.

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.

За даною сучасною технологією запропоновано такий вихід продукції: борошно спеціалізоване (для печива) – 20%; борошно вищого сорту – 41%; – борошно першого сорту – 11%; борошно другого сорту – 6%; висівки – 19,1%; відходи I-II категорії (кормопродукти) – 2,2%; відходи III категорії (механічні втрати) – 0,7%.

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 41803 тис. грн на рік.

Для реалізації проекту необхідно інвестиції у розмірі 125281 тис. грн – 75% за рахунок власних коштів, 25% – за рахунок кредиту.

Термін окупності інвестицій 3,1 років, чиста приведена вартість проекту на кінець 4-го року дорівнюватиме 29002 тис. грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Diekmann F. Commodity of the quarter: Wheat. *Journal of Agricultural and Food Information*. 2009;10(4): 289–299. <https://doi.org/10.1080/10496500903245404>.
2. Gupta R, Seth A. A review of resource conserving technologies for sustainable management of the rice-wheat cropping systems of the Indo-Gangetic plains (IGP). *Crop Protection*. 2007;26(3): 436–447. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.04.030>.
3. Shewry PR, Hey SJ. The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security*. 2015;4(3): 178–202. <https://doi.org/10.1002/FES3.64>.
4. Chatrath R, Mishra B, Ortiz Ferrara G, Singh SK, Joshi AK. Challenges to wheat production in South Asia. *Euphytica*. 2007;157(3): 447–456. <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9515-2>.
5. Li S, Zhang C, Li J, Yan L, Wang N, Xia L. Present and future prospects for wheat improvement through genome editing and advanced technologies. *Plant Communications*. 2021;2(4): 100211. <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2021.100211>.
6. Mehta YR. Wheat diseases and their management. *Wheat Diseases and Their Management*. 2014; 1–256. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06465-9>.
7. Steber CM. Avoiding problems in wheat with low Falling Numbers. *Crops & Soils*. 2017;50(2): 22–25. <https://doi.org/10.2134/cs2017.50.0208>.
8. Williams RM, Diepeveen DA, Evans FH. Using big data to predict the likelihood of low falling numbers in wheat. *Cereal Chemistry*. 2019;96(3): 411–420. <https://doi.org/10.1002/cche.10140>.
9. Shao Y, Tsai MH, He Y, Chen J, Wilson C, Lin AHM. Reduction of falling number in soft white spring wheat caused by an increased proportion of spherical B-type starch granules. *Food Chemistry*. 2019;284(August 2018): 140–148. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.006>.

10. Kiszonas AM, Engle DA, Pierantoni LA, Morris CF. Relationships between Falling Number, α -amylase activity, milling, cookie, and sponge cake quality of soft white wheat. *Cereal Chemistry*. 2018;95(3): 373–385. <https://doi.org/10.1002/cche.10041>.
11. Barnard A. Genetic diversity of South African winter wheat cultivars in relation to preharvest sprouting and falling number. *Euphytica*. 2001;119(1–2): 107–110. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3674-9_28.
12. Caporaso N, Whitworth MB, Fisk ID. Application of calibrations to hyperspectral images of food grains: Example for wheat falling number. *Journal of Spectral Imaging*. 2017;6(April). <https://doi.org/10.1255/jsi.2017.a4>.
13. Scheer A wilhelm, Kruppke H, Heib R. Evolution of Wild Emmer and Wheat Improvement. 2001. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-56680-6>.
14. Hrušková M, Bednářová M, Novotný F. Wheat flour dough rheological characteristics predicted by NIRSystems 6500. *Czech Journal of Food Sciences*. 2018;19(No. 6): 213–218. <https://doi.org/10.17221/6610-cjfs>.
15. Delwiche SR, Graybosch RA. Identification of waxy wheat by near-infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Cereal Science*. 2002;35(1): 29–38. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2001.0400>.
16. Delwiche SR, Vinyard BT, Bettge AD. Repeatability precision of the falling number procedure under standard and modified methodologies. *Cereal Chemistry*. 2015;92(2): 177–184. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-07-14-0156-R>.
17. КАТАЛОГ НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТИВ ТА КОДЕКСІВ УСТАЛЕНОЇ ПРАКТИКИ. <http://katalog.uas.org.ua>
18. Pareyt B, Brijs K, Delcour JA. Impact of fat on dough and cookie properties of sugar-snap cookies. *Cereal Chemistry*. 2010;87(3): 226–230. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-87-3-0226>.
19. Al-Lami MS, Atiyat D, Qutob M. Effect of Mixing Time on Properties of Whole Wheat Flour-Based Cookie Doughs and Cookies. *Civil Engineering*

- and Architecture*. 2023;11(5): 3154–3161.
<https://doi.org/10.13189/cea.2023.110825>.
20. Okpala L, Okoli E, Udensi E. Physico-chemical and sensory properties of cookies made from blends of germinated pigeon pea, fermented sorghum, and cocoyam flour. *Food Science & Nutrition*. 2012; 8–14.
 21. Ikuomola DS, Otutu OL, Oluniran DD. Quality assessment of cookies produced from wheat flour and malted barley (*Hordeum vulgare*) bran blends. *Cogent Food and Agriculture*. 2017;3(1): 1–12.
<https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1293471>.
 22. Pareyt B, Delcour JA. The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: A review on sugar-snap cookies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2008;48(9): 824–839.
<https://doi.org/10.1080/10408390701719223>.
 23. Barrera GN, Pérez GT, Ribotta PD, León AE. Influence of damaged starch on cookie and bread-making quality. *European Food Research and Technology*. 2007;225(1): 1–7. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0374-1>.
 24. Barak S, Mudgil D, Khatkar BS. Effect of flour particle size and damaged starch on the quality of cookies. *Journal of Food Science and Technology*. 2014;51(7): 1342–1348. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0627-x>.
 25. Moiraghi M, Vanzetti L, Bainotti C, Helguera M, León A, Pérez G. Relationship between Soft wheat flour physicochemical composition and cookie-making performance. *Cereal Chemistry*. 2011;88(2): 130–136.
<https://doi.org/10.1094/CCHEM-09-10-0131>.
 26. Sapirstein H, Wu Y, Koxsel F, Graf R. A study of factors influencing the water absorption capacity of Canadian hard red winter wheat flour. *Journal of Cereal Science*. 2018;81: 52–59.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.01.012>.
 27. Duyvejonck AE, Lagrain B, Dornez E, Delcour JA, Courtin CM. Suitability of solvent retention capacity tests to assess the cookie and bread making quality of European wheat flours. *LWT - Food Science and Technology*.

- 2012;47(1): 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.01.002>.
28. Wondifraw MA, Winn ZJ, Haley SD, Stromberger JA, Hudson-Arns EE, Mason RE. Elucidation of the genetic architecture of water absorption capacity in hard winter wheat through genome wide association study. *Plant Genome*. 2024;(June): 1–18. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20500>.
29. ДСТУ_3768-2019. ПШЕНИЦЯ. Технічні умови. 2019.
30. ГСТУ_46.004-99. БОРОШНО ПШЕНИЧНЕ. Технічні умови. 1999.
31. ДСТУ_3016-95. ОТРУБИ КОРМОВЫЕ ПШЕНИЧНЫЕ И РЖАНЬЕ. Технические условия. 1996.
32. ПРАВИЛА організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. Київ: КІХ та ДАК; 1998.
33. Мерко ІТ. Технології мукомельного і круп'яного виробництва. Одеса: Друкарський дім; 2010. 472.
34. Мерко ІТ, Моргун ВО. Наукові основи і технологія переробки зерна. Одеса: Друк; 2001. 348.
35. 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.
36. Моргун ВО, Жигунов ДО. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Проектування технологічних процесів підприємств галузі» (мукомельне виробництво). Одеса: ОНАХТ; 2008. 51.
37. ПРАВИЛА організації та ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. Київ: КІХ та ДАК; 1998.
38. Борошно України та світу. *Інформаційно-аналітичний вісник*. 2024;16: 22.