

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 «Обґрунтування переробки зерна спелти у борошно»
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувач

Рибчинська Є.Р.
(прізвище, ініціали)

2 курсу ТЗХ-61а групи

Керівники:

к.т.н., доц. Волощенко О.С.
(посада, прізвище та ініціали)

к.т.н., доц. Соц С.М.
(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 03.12 2024 р., протокол № 6.

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

Рибчинська Єлизавета Родіонівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Обґрунтування переробки зерна спельти у борошно

керівник проекту (роботи) к.т.н., доц. Волошенко О.С.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу

від “26” листопада 24 р., № 747-03, “19” жовтня 23 р., № 602-03

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) Фізико-хімічні та функціонально-технологічні показники борошна. Функціонально-технологічні показники борошна та тіста. Схема технологічного процесу. Кількісний баланс переробки. Показники якості зерна та борошна згідно стандартів. 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
«Обґрунтування переробки зерна спельти у борошно»

Здобувач	<u>Рибчинська Є. Р.</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: Хліб, вироблений з пшеничного борошна, є основним та щоденним продуктом харчування. Проте пшеничне борошно має нестабільні показники якості і низьку біологічну цінність. Використання композитних сумішей пшеничного і спельтового борошна у співвідношенні 70 : 30 дозволяє не тільки підвищити вміст у ньому біологічно активних речовин, але й скоригувати функціонально-технологічні показники пшеничного борошна з неоптимальними хлібопекарськими властивостями.

Мета роботи: Провести наукові дослідження з оцінки показників якості пшеничного борошна, спельтового борошна, їх композитної суміші у співвідношенні 70 на 30, та спроектувати схему технологічного процесу з переробки спельти 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 106 сторінках, включає 25 таблиць, 2 рисунки. Графічна частина включає 6 листів.

Висновок: в результаті наукових досліджень встановлено основні відмінності показників якості пшеничного і спельтового борошна, а також їх композитної суміші (70/30), наведено технологічну схему виробництва спельтового борошна типу Т600, вимоги до сировини та готової продукції, проведено розрахунки кількості технологічного обладнання, визначено техніко-економічні показники та обґрунтовано доцільність проекту.

Результати роботи надруковані у збірнику тез Міжнародної науково-практичної конференції «Технології харчових продуктів і комбікормів 2024».

Ключові слова: пшениця, спельта, рафіноване борошно, суміш, показники якості, альвеограф, клейковина.

ABSTRACT

for qualifying work
on the topic «Justification for processing spelt grain into flour»

Student	<u>RIBCHINS`KA Ye. R.</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: Bread made from wheat flour is a basic and daily food product. However, wheat flour has unstable quality indicators and low biological value. The use of composite mixtures of wheat and spelt flour in a ratio of 70:30 allows not only to increase the content of biologically active substances in it, but also to adjust the functional and technological indicators of wheat flour with suboptimal baking properties.

The purpose of the work: To conduct scientific research to assess the quality indicators of wheat flour, spelt flour, and their composite mixture in a ratio of 70 to 30, and design a technological process diagram for processing spelt 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 106 pages, includes 25 tables, 2 figures. The graphic part includes 6 sheets.

Conclusion: as a result of scientific research, the main differences in the quality indicators of wheat and spelt flour, as well as their composite mixture (70/30), were established, and a technological diagram for the production of spelt flour of type T600 was provided, 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.

The results of the work were published in the collection of abstracts of the International Scientific and Practical Conference "Food and Feed Technologies 2024".

Key words: wheat, spelt, refined flour, mixture, quality indicators, alveograph, gluten.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ЗМІСТ	6
ВСТУП.....	8
1. РОЗДІЛ 1 СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ	11
1.1 Об'єкт та предмети дослідження.....	12
1.2 Мета і завдання проекту	13
2. РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	14
2.1 Маркетингові дослідження, обґрунтування доцільності будівництва підприємства та його виробничої потужності	14
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	18
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	22
4. РОЗДІЛ 4 НАУКОВА ЧАСТИНА.....	25
4.1 Аналіз літературних джерел за темою дослідження	25
4.1.1 Вирощування пшениці та спельти у Світі та в Україні	25
4.1.2 Анатомічна будова зерна пшениці і спельти	29
4.1.3 Хімічний склад зерна пшениці та спельти	33
4.2 Методика проведення досліджень	39
4.3 Результати досліджень	41
5. РОЗДІЛ 5 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	54
5.1 Характеристика сировини та готової продукції	54
5.2 Опис технологічної схеми зерноочисного відділення	59
5.3 Вибір, розрахунок та підбір технологічного обладнання зерноочисного відділення	63
5.4 Опис технологічної схеми розмелювального відділення	67
5.5 Розрахунок балансу переробки зерна	70

5.6 Вибір, розрахунок та підбір технологічного обладнання розмелювального відділення	71
5.7 Технохімічний контроль виробництва. Застосування системи НАССР	75
5.8 Охорона праці.....	78
6. РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	82
6.1 Програма виробничої діяльності	82
6.2 Інвестиційні витрати.....	82
6.3 Чисельність працівників та фонд оплати праці	82
6.4 Розрахунки собівартості продукції	83
6.5 Фінансова та економічна оцінка проекту	89
6.6 Висновки	95
7. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	96
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	99

ВСТУП

Хліб завжди був і залишається одним із основних продуктів харчування людства. Його значення важко переоцінити, адже він забезпечує організм людини важливими поживними речовинами, такими як вуглеводи, білки, мінерали та вітаміни.

Пшеничне борошно є ключовою сировиною для виробництва хліба завдяки своїм унікальним властивостям. Його високий вміст білків, здатність до утворення клейковини та оптимальна структура забезпечують високі хлібопекарські характеристики. Завдяки цим властивостям пшеничне борошно дозволяє отримувати хліб із відмінними смаковими якостями, структурою та об'ємом.

Стан сучасної борошномельної промисловості має важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки та розвитку хлібопекарської галузі. Серед актуальних завдань розвитку цієї галузі можна виділити впровадження нових технологій переробки зерна, підвищення якості продукції, зменшення енергоспоживання та створення інноваційних видів борошна, які відповідатимуть вимогам сучасного споживача. Особлива увага приділяється адаптації до нових кліматичних умов і використанню альтернативних видів зернових, таких як спельта, для розширення асортименту продукції.

Хлібопекарські властивості пшеничного борошна суттєво залежать від якості зерна, що використовується для його виробництва. Проте якість пшеничного борошна є нестабільною і піддається впливу багатьох факторів, що обумовлює необхідність регулярного коригування технологічних процесів.

Одним із ключових факторів, що впливають на стабільність якості пшеничного борошна, є агрокліматичні умови вирощування зерна. Різні погодні умови, рівень вологості, температура та терміни збору врожаю безпосередньо впливають на хімічний склад зерна, зокрема на вміст білка та його

якість. Наприклад, за несприятливих умов може знижуватися вміст клейковини або її властивості можуть погіршуватися. Це ускладнює отримання борошна з передбачуваними характеристиками, що, у свою чергу, може негативно позначатися на кінцевих продуктах. Іншим важливим фактором є технологія переробки зерна. Неправильний вибір режимів помелу або недосконалість обладнання можуть призвести до значних коливань у властивостях борошна. Тому виробники борошна повинні використовувати сучасне обладнання та контролювати параметри помелу, щоб забезпечити стабільність якості продукції.

Додаткову роль у коригуванні властивостей пшеничного борошна можуть відігравати такі технологічні рішення, як збагачення борошна або додавання функціональних компонентів. У цьому контексті спельтове борошно заслуговує на особливу увагу, оскільки воно може бути використане як коректор технологічних властивостей.

Спельтове борошно характеризується вищим вмістом білка та клейковини, хоча ці білки мають дещо інші властивості. Завдяки цьому його можна використовувати для регулювання якості пшеничного борошна. Наприклад, додавання спельтового борошна до суміші з пшеничним дозволяє змінювати реологічні властивості тіста: підвищувати вміст білка, покращувати структуру клейковини та змінювати співвідношення показників P/L, які характеризують баланс еластичності й розтяжності. Це може бути корисним для виробництва хлібобулочних виробів із заданими властивостями, наприклад, для продуктів з підвищеним вмістом білка або більш м'якою текстурою.

Крім того, спельтове борошно має кращий хімічний склад порівняно з пшеничним. Воно містить більше мінеральних речовин, таких як залізо, магній і цинк, а також вітаміни групи В. Це робить його важливим компонентом для створення функціональних продуктів харчування, що відповідають сучасним тенденціям здорового харчування. Включення спельтового

борошна у рецептури може не тільки покращити хлібопекарські властивості, але й підвищити харчову цінність кінцевого продукту.

Таким чином, роль спельтового борошна у хлібопекарській промисловості є багатогранною. Воно може виступати як ефективний коректор технологічних властивостей пшеничного борошна, а також як компонент, що збагачує готові вироби важливими мікроелементами і сприяє розширенню асортименту продукції для споживачів із різними потребами. У подальшому дослідження можливостей використання спельтового борошна є перспективним напрямком розвитку борошномельної та хлібопекарської галузей.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

Мукомельна промисловість України традиційно є важливою складовою агропромислового комплексу країни. Україна володіє одними з найбільших у світі посівних площ пшениці, що робить її одним з провідних виробників борошна. Однак, незважаючи на значний потенціал, українська мукомельна галузь стикається з рядом викликів, пов'язаних як з зовнішніми економічними факторами, так і з внутрішніми проблемами.

Ситуація в мукомельній промисловості України в останні роки характеризується безліччю проблем, зокрема, нестабільністю якості зерна, що безпосередньо впливає на технологічні показники виробництва борошна. Нестача високоякісного зерна та його коливання в якості зумовлені погодними умовами, екологічними проблемами та змінами в сільському господарстві. Це призводить до труднощів у стабілізації технологічних характеристик борошна, таких як вміст білка, вміст клейковини, водопоглинальна здатність, сила борошна тощо. Ці коливання в якості зерна вимагають впровадження нових технологій та методів контролю на всіх етапах переробки для забезпечення стабільності готової продукції.

Крім того, на сьогодні в Україні активно розвивається ринок борошна, де спостерігається тенденція до розширення асортименту продукції. Виробники борошна все частіше починають випускати не лише традиційне біле борошно, а й різноманітні види борошна з додаванням висівків, борошна інших культур, технологічних добавок. Розширюється виробництво цілнозернового борошна, спеціалізованого борошна, безглютенового борошна.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.747-03.IV.33.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 1	Літ	Аркуш	Аркушів
Розробив		Рибчинська Є.Р.						
Керівник		Волощенко О.С.					11	
Консультант								
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						
						ОНТУ		

Цей тренд обумовлений зростаючим попитом з боку споживачів на більш здорову продукцію, що пов'язано із зміною харчування та зростанням обізнаності про важливість правильного харчування для здоров'я.

З огляду на сучасні тенденції в харчуванні та зростаючий інтерес до здорового способу життя, розширення асортименту готової продукції стає однією з ключових задач для українських виробників борошна. В останні роки спостерігається зростання попиту на борошно, багате харчовими волокнами, вітамінами та мінералами, а також на альтернативні види борошна (наприклад, із спельти або гречки), які набувають популярності серед споживачів, що дбають про своє здоров'я.

Для задоволення цих потреб необхідно не лише розширити асортимент готової продукції, але й поліпшити якість самого борошна, застосовуючи нові методи обробки та зберігання зерна, а також впроваджуючи інноваційні технології. Це сприятиме не лише розширенню ринку, але й покращенню репутації українських виробників на міжнародній арені.

Таким чином, для підтримання конкурентоспроможності українській мукомольній галузі необхідно продовжувати розвивати і вдосконалювати технологічний процес, поліпшувати якість сировини, розширювати асортимент продукції та орієнтуватися на створення більш здорових і функціональних продуктів, що відповідають сучасним тенденціям здорового харчування.

1.1 Об'єкт та предмети дослідження

Об'єктом дослідження є технологія переробки зерна спельти у борошно продуктивністю 70 т/добу.

Предмети дослідження:

– схема технологічного процесу підготовки та переробки зерна пшениці у борошно;

- показники якості пшеничного і спельтового борошна, а також їх композитної суміші у співвідношенні 70 на 30.

1.2 Мета і завдання проекту

Мета роботи – Провести наукові дослідження з оцінки показників якості пшеничного борошна, спельтового борошна, їх композитної суміші у співвідношенні 70 на 30, та спроектувати схему технологічного процесу з переробки спельти у борошно.

Завдання роботи:

- провести аналіз показників якості пшеничного борошна, спельтового борошна, їх композитної суміші у співвідношенні 70 на 30;
- провести огляд стандартів на сировину та готову продукцію;
- розробити схеми технологічного процесу підготовки та переробки зерна спельти у борошно;
- розрахувати баланс переробки та кількість технологічного обладнання;
- провести техніко-економічне обґрунтування та оцінити техніко-економічні показники проекту.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

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

Млинзавод з переробки пшениці в борошно буде будуватися на території Хмельницької області. У даній області розташовані такі крупні підприємства з ТОП100 (на 2020 р.): ТОВ "Хмельницьк-млин", Волочиська філія ТОВ "агробізнес", ДПЗКУ "Богданівецький комбінат хлібопродуктів", ТОВ "Деражня-млин", ПАТ "Славутський хлібозавод", які виробляють звичайне пшеничне борошно.

Об'єм вирощування зерна пшениці у 2023 році в Хмельницькій області склав 1520 тис.т (6,8% від загального збору пшениці 22409 тис. т) [1]. Об'єм виробництва борошна на борошномельних заводах області у 2020 році склав 85,480 тис.т, тобто 5,5% від загального об'єму виробництва борошна 1549 тис. т. Таким чином є потенціал з переробки зерна пшениці на борошно, тому будівництво борошномельного заводу у Хмельницькій області є перспективним.

У проекті планується вироблення спельтового хлібопекарського борошна сорту тип Т600, яке планується використовувати як для покращення хлібопекарських характеристик звичайного борошна із занадто міцною клейковиною, так і для підвищення біологічної цінності хлібопекарських виробів [2]. Також, таке борошно має високий експортний потенціал.

Виходячи з продуктивності типорозміру продуктивності сучасного обладнання для виробництва борошна 6-9 т/год плануємо продуктивність заводу – 70 т/добу.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.747-03.IV.33.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Рибчинська Є.Р.			Розділ 2	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волошенко О.С.					14	
Консультант		Басюркіна Н.Й.				<i>ОНТУ</i>		
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						

Режим роботи підприємства приймаємо перервний (з двома загальними вихідними днями – за рік – 102 дня) 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 70 т/добу, то при коефіцієнті завантаженості (Кq) 0,8 та робочому періоді (Р) 245 діб на ньому можна переробити зерна пшениці (Vз):

$$V_z = P_{\text{доб}} \times K_q \times P = 70 \times 1,0 \times 245 = 13720 \text{ т.}$$

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

Таким чином, пропонується будівництво борошномельного заводу у Хмельницькій області, оснащеного новітнім обладнанням «Genc» та «ОЛІС», продуктивністю 70 тон на добу.

2.2 Мета і робоча гіпотеза проектування, результати, які очікуються

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

При переробці зерна пшениці спельти (у обрушеному стані) на заводі невеличкої продуктивності у сортове борошно 74 %-ного виходу при одно-сортному помелі за скороченою структурою по аналогії з помелами, наведеними для звичайної пшениці, встановлюємо наступні базисні виходи [3]:

- борошно типу Т600 – 74%;
- висівки – 23,1%;
- відходи І-ІІ категорії (кормопродукти) – 2,2%;
- відходи ІІІ категорії (механічні втрати) – 0,7%.

З урахуванням плівчастості зерна спельти 22-25 % приймаємо наступні виходи готової продукції при переробленні зерна базисних кондицій:

- борошно типу Т600 – 58%;
- висівки – 14,1%;
- мучка – 3 %;
- лузга – 22 %;
- відходи I-II категорії (кормопродукти) – 2,2%;
- відходи III категорії (механічні втрати) – 0,7%.

Для підвищення економічних показників на підприємстві запропоновано 100 % об'ємів переробки як власна переробка, давальницьку переробку не передбачено.

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.

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 $R_{пр} = 10\%$.

$$П = 212568 \times 10 / (100 + 10) = 19324 \text{ тис. грн.}$$

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)		13720	х	х
2. Обсяги переробки зерна власних ресурсів (Vз.вл)	100	13720	х	х
3. Виробництво готової продукції з власних ресурсів	78	10702	х	х
Борошно Т600	58	7958	25 000	198 950
Висівки	14,1	1935	3 700	7 160
Мучка	3,0	412	4 100	1 689
Лузга	22	3018	1 500	4 527
Кормопродукти	2,2	302	800	242
Механічні втрати та усушка	0,7	96	-	0
4. Всього реалізація продукції з власних ресурсів		х	х	212 568
5. Переробка зерна клієнтів	0	0	1 200	0
Всього обсяг реалізації продукції та послуг (РП)		х	х	212 568

2.3 Визначення потреби в інвестиціях і попередня оцінка економічної доцільності будівництва

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

$$I = I_{овф} + I_{ок},$$

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

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

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

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

Питомі капітальні вкладення (КВпит) приймаємо на рівні 550 тис. грн за одну тону виробничої потужності:

– 60% – 330 тис. грн – на купівлю технологічного обладнання;

– 40% – 220 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:

$$I_{\text{овф}} = 550 \times 700 = 38500 \text{ тис. грн.}$$

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

$$I_{\text{ок}} = 0,1 \times PП = 0,10 \times 212568 = 21257 \text{ тис. грн.}$$

Тоді:

$$I = I_{\text{овф}} + I_{\text{ок}} = 38500 + 21257 = 59757 \text{ тис. грн}$$

2.4 Висновки

Будівництво млинзаводу технічно можливо та економічно доцільно, оскільки співвідношення суми інвестицій к прибутку, що прогнозується, дорівнює: $I / П = 59757 / 19324 = 3,1$.

У цьому випадку можна очікувати строк окупності інвестицій (порахований з урахуванням дисконтування грошових потоків) до 4 років.

При визначенні джерел інвестування приймаємо, що частка інвестицій (25%) здійснюється за рахунок інвестора (I_i) – 14939 тис. грн, решта (75%) – за рахунок кредиту ($I_{\text{кр}}$). Тобто, сума кредиту ($I_{\text{кр}}$) дорівнює:

$$I_{\text{кр}} = I - I_i = 59757 - 14939 = 44818 \text{ тис. грн.}$$

РОЗДІЛ 3

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА КОМУНІКАЦІЙ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Загальна характеристика та вимоги до генерального плану підприємства

Генеральний план борошномельного заводу є основним документом для визначення структури і розташування виробничих приміщень, інженерних комунікацій, транспортних шляхів, допоміжних та службових зон. План повинен враховувати технологічні, безпекові, економічні та екологічні вимоги.

Основні вимоги до генерального плану борошномельного заводу:

1. Технічно-економічна доцільність:

- Площа заводу: Загальна площа заводу повинна забезпечувати розміщення усіх основних виробничих ліній та допоміжних приміщень, мінімізуючи витрати на транспортування матеріалів. Наприклад, для заводу з потужністю 100 т/добу мінімальна площа може складати 5-6 гектарів.

- Виробничі приміщення: Приміщення для основного технологічного процесу повинні бути сплановані так, щоб технологічний потік йшов від приймального пункту до готової продукції, що скорочує витрати на внутрішньозаводський транспорт.

2. Безпека виробництва:

- Вибухонебезпечні зони: Враховуючи, що борошномельне виробництво відноситься до вибухонебезпечних підприємств, у зонах, де присутній пил, необхідно забезпечити відповідні заходи протипожежної безпеки. Вибухонебезпечні зони повинні бути позначені на плані, а їх розмір залежить від типу виробництва та використовуваного обладнання.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.747-03.IV.33.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Рибчинська Є.Р.			Розділ 3	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волошенко О.С.					19	
Консультант						ОНТУ		
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						

Для пиловибухонебезпечних приміщень, таких як млини або склади, можуть бути встановлені зони не менше 10 м від джерел вибуху.

- Нормативи безпеки: Гранично допустимий рівень концентрації пилю в повітрі робочої зони — не більше ніж 6 мг/м³. Рівень шуму в робочих зонах не повинен перевищувати 80 дБА, а рівень вібрації — $0,2 \cdot 10^{-2}$ м/с.

3. Розташування технологічних і допоміжних приміщень:

- Основні виробничі приміщення: Генеральний план повинен передбачати раціональне розташування основних ліній для приймання та обробки зерна, процесів очищення, зберігання, подрібнення та фасування.

- Допоміжні приміщення: Склади, лабораторії, адміністративні будівлі та побутові приміщення мають бути розташовані таким чином, щоб забезпечити зручний доступ до основних виробничих зон, але в той же час бути достатньо відокремленими для безпеки та комфорту працівників.

4. Енергетичні та водні ресурси:

- Енергозабезпечення: Для борошномельного заводу з потужністю 60-100 т/добу необхідно передбачити основне джерело енергозабезпечення — котельні потужністю 1-1,5 МВт для забезпечення тепла та гарячої води. Окрім того, важливо передбачити аварійні джерела живлення, зокрема дизель-генератори потужністю 500-1000 кВт. Так як заплановано переробку спельти, то важливо встановити твердопаливну котельню.

- Водозабезпечення: Заводи з обробки зерна потребують великих обсягів води для очищення, охолодження та інших технологічних процесів. Система водопостачання має бути спроектована на базі водозабору потужністю 100-200 куб. м/год для середнього заводу.

5. Транспортні комунікації та інфраструктура:

- залізничні та автомобільні під'їзди: Для приймання сировини та відвантаження готової продукції важливо передбачити залізничні під'їзні колії, якщо це необхідно. Відстань між склади зерна та транспортними шляхами має бути не більше 200-300 м для швидкого і безпечного транспортування.

- Пішохідні шляхи: Для безпеки працівників на території заводу повинні бути прокладені пішохідні доріжки, які не перетинаються з транспортними шляхами, та мають ширину не менше 1,5 м.

6. Екологічні вимоги:

- Очистка відходів: Заводи повинні бути обладнані очисними спорудами для води (обсягом не менше 50-100 куб. м/год) та системами для фільтрації пилу, які забезпечують ефективне очищення від шкідливих викидів в атмосферу.

- Утилізація відходів: Підприємство має організувати зони для збору та утилізації відходів, таких як висівки або інші залишки, що утворюються в процесі виробництва. Площі для складування відходів повинні бути не менше 200-300 м².

7. Забезпечення комфорту працівників:

- Побутові приміщення: Для працівників повинні бути облаштовані комфортні санітарні кімнати, роздягальні та душові, а також зона для відпочинку. Площа цих приміщень повинна становити не менше 1 м² на кожного працівника.

- Освітлення: Нормативи освітлення робочих приміщень — не менше 300 люкс для основних виробничих зон і 500 люкс для лабораторій та адміністративних будівель.

8. Нормативи освітлення і шуму:

- Освітлення: Рівень освітлення в робочих зонах повинен відповідати санітарним вимогам: не менше 300 люкс у виробничих зонах, де здійснюються основні технологічні операції, та 500 люкс у зонах збору та аналізу продукції.

- Шум і вібрація: Для приміщень, де встановлено шумне обладнання (наприклад, вальцьові верстати або системи очищення зерна), рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБА, а рівень вібрації не має бути вище $0,2 \cdot 10^{-2}$ м/с.

3.2 Загальна характеристика будівлі борошномельного заводу

Будівля борошномельного заводу включає три основні відділення: зерноочисне, розмелювальне та фасувальне, розташовані в чотириповерховій споруді. Конструкція будівлі відповідає чинним вимогам нормативних документів і забезпечує оптимальні умови для безпечної та ефективної роботи підприємства.

1. Кліматичні та геологічні умови

- Розрахункова зимова температура повітря: -20 °С.
- Сейсмічність району будівництва: не більше 6 балів.
- Ґрунтові води: залягають на глибині понад 15 м.

2. Будівельні характеристики

- Клас будівлі: II.
- Ступінь вогнестійкості: II.
- Категорія виробництва за вибухопожежною безпекою:
- Розмелювальне відділення – категорія "Б".
- Зерноочисне відділення та склад у тарі – категорія "В".

3. Фундаменти та каркас

- Фундаменти:
- Монолітні залізобетонні під силосною частиною у вигляді плити.
- У сітчастих зонах – у вигляді перехресних стрічок.
- Тип фундаменту: стаканний, глибина закладення – 2,6 м.
- Каркас конструкції: залізобетонний із застосуванням фундаментних балок для опори зовнішніх і внутрішніх стін. Довжина балок – до 6 м, форма перерізу – трапецієвидна.

4. Стіни, перегородки та покрівля

- Зовнішні стіни: панельні, товщиною 200 мм, із легкого бетону, пофарбовані фарбою для зовнішніх робіт світлого тону. Шви між панелями заповнені цементним розчином.

- Перегородки:

- Виконані з цегли, з армуванням для підвищення міцності.
- Товщина перегородок – 120 мм.
- Відповідають вимогам вогнестійкості, вологостійкості та шумоізоляції.

- Покрівля: сумісна, з ухилом 1:1,5, виконується відповідно до норм СНіП II-26-76. В місцях стику покрівлі додатково укладено два шари руберойду марки РКК-400 Б.

5. Перекриття та підлога

- Перекриття: монолітні залізобетонні.
- Підлога:
- Виробничі приміщення: бетонна основа з підстильним шаром із бетону марки М100.

- Побутові приміщення: бетонна основа, покрита лінолеумом.

6. Освітлення та вентиляція

- Вікна: суцільне стрічкове скління для забезпечення природного освітлення та додаткової вентиляції. Розміри та кількість вікон відповідають архітектурним і художнім вимогам.

- Вентиляція: приміщення категорій "Б" і "В" оснащені системами вентиляції з постійним підпором повітря 20 Па.

7. Сходові клітини та ліфти

- Сходи:

- Виконані із збірних залізобетонних елементів і металевих конструкцій.

- Ширина сходового маршу – 1,2 м, сходових майданчиків – рівна ширині маршів.

- Сходові клітини оснащені огороженнями з двох боків.

- Ліфти: встановлені пасажирські ліфти вантажопідйомністю 1000 кг і 320 кг.

- Евакуаційні шляхи:

- Передбачені зовнішні металеві пожежні сходи.

- Сходові клітини розміщені з боку відділення готової продукції, ізолювані тамбур-шлюзами із цегляними стінами та вогнестійкими дверима.

8. Пожежна безпека

- Приміщення категорії "Б" і "В" оснащені системами, які забезпечують вибухопожежну безпеку.

- Тамбур-шлюзи мають стіни товщиною 120 мм із цегли з армуванням і монолітні залізобетонні перекриття. Двері обладнані пристроями для самозакривання та ущільненням.

РОЗДІЛ 4 НАУКОВА ЧАСТИНА

4.1 Аналіз літературних джерел за темою дослідження

4.1.1 Вирощування пшениці та спельти у Світі та в Україні

Пшениця є однією з найважливіших сільськогосподарських культур у Світі та в Україні. Історія розвитку пшениці є надзвичайно цікавою, адже це одна з основних злакових культур, яка вплинула на розвиток цивілізацій. Розвиток пшениці можна поділити на кілька етапів: від найдавніших видів, таких як біла пшениця однозернянка, до сучасних сортів, зокрема м'якої пшениці, яка є найбільш поширеною сьогодні [4].

Початки вирощування пшениці сягають 10 тисяч років тому, з моменту переходу людства до землеробства. Вона була одомашнена у Родючому півмісяці (сучасні території Іраку, Сирії, Туреччини). Основними видами були пшениця однозернянка (*Triticum monosocum*) та двозернянка (*Triticum dicocum*). Їхня урожайність була низькою — приблизно 500–700 кг/га, але ці культури забезпечували основну частину харчового раціону стародавніх народів [5].

Через кілька тисячоліть в результаті природної гібридизації різних видів пшениці з'явилась полба, яка вже мала колос з декількома зернами. Полба була більш врожайною і стійкою до хвороб, ніж її попередники, і використовувалася в Давньому Єгипті, Месопотамії та інших стародавніх цивілізаціях [5].

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.747-03.IV.33.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 4	Літ	Аркуш	Аркушів
Розробив	Рибчинська Є.Р.						25	
Керівник	Волошенко О.С.							
Консультант								
Зав. кафедри	Жигунов Д.О.							
						ОНТУ		

Тверда пшениця, яка є основним інгредієнтом для виробництва макаронних виробів, з'явилася пізніше, приблизно 5-6 тисяч років тому, в Середземномор'ї. Тверда пшениця мала більшу стійкість до погодних умов і давала кращі результати при вирощуванні в сухих кліматах. Вона була важливим елементом аграрної економіки Стародавнього Риму та інших античних держав [6].

Спельта з'явилася близько 4-5 тисяч років тому. Вона є результатом подальшої гібридизації між полбою і іншими видами пшениці. Спельта вирізнялася своєю твердістю і захищеністю зерна, адже кожне зерно було вкрите жорсткою оболонкою. Спельта була дуже популярна в античності та середньовіччі, особливо в Європі, але її врожайність була значно нижчою, ніж у нових сортів пшениці, таких як м'яка пшениця [7,8].

М'яка пшениця, з якої виробляють більшість борошна для хліба та інших продуктів, з'явилася порівняно недавно — приблизно 4-5 тисяч років тому. Вона стала результатом природної гібридизації між спельтою та іншими видами пшениці. М'яка пшениця, у порівнянні з попередніми видами, мала вищу врожайність, була більш стійкою до хвороб і краще підходила для виробництва борошна. Вона швидко стала основною культурою в Європі, а з часом — у всьому світі [5].

До 19 століття полба та спельта ще були популярні в Європі, зокрема у Німеччині та Швейцарії, але їх площі поступово почали зменшуватися через їх складність у переробці та більшу врожайність твердої та м'якої пшениць. У 19 столітті спельта все ще вирощувалася в певних районах, але вже не була такою основною культурою, як у середньовіччі. В результаті інтенсивної селекції та розвитку сільського господарства, площі під м'якою та твердою пшеницею продовжували збільшуватися в усьому світі, поступово витісняючи спельту та полбу, які залишалися на периферії сільськогосподарського виробництва [5].

У 2024 році світовий урожай пшениці становив понад 790 млн. т, що є одним із найвищих показників за останні роки.

З цієї кількості приблизно:

М'яка пшениця (*Triticum aestivum*) складає близько 70-75% світового виробництва пшениці, тобто близько 550-590 млн т. М'яка пшениця є основним видом, що вирощується у більшості країн, таких як США, Канада, Росія, Україна, ЄС та інші.

Тверда пшениця (*Triticum durum*) становить приблизно 15-20% від загального врожаю пшениці, що складає близько 120-160 млн т. В основному тверда пшениця вирощується в країнах Середземномор'я (Італія, Франція, Туреччина, Алжир) та США, і використовується для виготовлення макаронних виробів.

Інші види пшениці, такі як спельта, полба та тверда пшениця типу *Triticum turgidum* займають меншу частину ринку — приблизно 5-10%, що становить близько 40-80 млн т. Ці види вирощуються на меншій площі і використовуються для специфічних ринків, таких як органічне виробництво або для спеціалізованих харчових потреб [9,10].

Найбільшими виробниками пшениці залишаються Китай, Індія, США та країни Європейського Союзу. Для експорту значну роль відіграють Австралія, Канада та країни ЄС. Виробництво пшениці залишається критично важливим для продовольчої безпеки та міжнародної торгівлі.

У 2024 році Україна збрала врожай пшениці в обсязі приблизно 22 млн. т. Це майже вчетверо більше, ніж внутрішнє споживання країни, яке становить близько 6 млн. т. Такий обсяг дозволяє забезпечувати Україні експорт на численні зовнішні ринки та залишатися важливим гравцем на світовому ринку продовольства.

Станом на 2024 рік світові площі під пшеницею становлять приблизно 217 млн га. Основними виробниками є Індія (30,5 млн га); Китай (23,4 млн га); США (15 млн га); Канада (10 млн га); Франція (5 млн га). Урожайність сильно варіюється залежно від регіону: у Європі вона сягає 7–

8 т/га, тоді як в Індії та Пакистані в середньому 3 т/га через кліматичні умови та агротехнології.

Спельта, як нішевий злак, порівняно з пшеницею, займає набагато менші площі — менше 1 млн га у світі. Основними виробниками є Німеччина (200–250 тис. га); Швейцарія та Австрія (по 50 тис. га); США і Канада поступово збільшують виробництво, орієнтуючись на органічні ринки, коливається в межах 2–4 т/га. У сприятливих умовах Європи (Німеччина, Австрія, Швейцарія) цей показник може сягати 4,5–5 т/га, тоді як у менш оптимальних умовах (наприклад, посушливих регіонах) урожайність може бути нижчою — близько 2–3 т/га [9,11–14].

В Україні пшениця також є ключовою культурою. У 2024 році площі під пшеницею склали 5,5-5,7 млн га із середньою урожайністю 3,9-4,1 т/га залежно від регіону та умов вирощування. Площі під пшеницею знизилися порівняно з довоєнними показниками (до 2021 року вони становили близько 7,4 млн га). Основними причинами залишаються бойові дії, мінування територій, а також обмеження ресурсів для сільського господарства. Незважаючи на це, врожай 2024 року є значним досягненням, враховуючи обмежені можливості та складні умови [15].

Основні регіони вирощування пшениці включають Херсонську, Миколаївську, Запорізьку, Дніпропетровську та Одеську області, де сприятливі кліматичні умови та родючі ґрунти забезпечують високі врожаї [16].

В Україні площі під спельтою обмежені, але останніми роками відзначено підвищений інтерес до цієї культури, особливо для експорту до ЄС, США та Ізраїлю. За даними, площі під спельтою на сьогодні складають приблизно 500-700 тис. га. Урожайність спельти в Україні варіюється від 1,5 до 2 т/га, залежно від умов вирощування [17–19].

Таким чином, пшениця, особливо м'яка, є основною культурою на світовому ринку, займаючи великі площі та маючи високу врожайність. Спе-

льта ж залишається нішевою культурою, попит на яку зростає, зокрема, через її харчові властивості і органічний характер, але площі її вирощування значно менші.

4.1.2 Анатомічна будова зерна пшениці і спельти

Зерно пшениці складається з чотирьох основних частин: ендосперму, зародка, оболонки та алейронового шару.

Ендосперм – внутрішня основна частина зерна, що складається переважно з крохмальних гранул і білкових матриць. Основна функція – забезпечення поживними речовинами зародка під час проростання. Саме ендосперм є головним джерелом борошна, а його структура впливає на якість готового продукту. Великий вміст крохмалю забезпечує енергетичну цінність, тоді як білки визначають хлібопекарські властивості [20,21].

У пшениці клітини ендосперму мають більш овальну форму, у м'якозерних сортів вони менш щільно упаковані. У спельти клітини квадратної або неправильної форми, з товстими клітинними стінками, нерівномірно розташовані (Щільніше в центральній частині). Це сприяє кращому збереженню поживних речовин, але погіршує технологічні властивості спельти, оскільки при обробці таких зерен потрібні більші зусилля для подрібнення клітин і витягування крохмалю.

Ендосперм пшениці та спельти має суттєві відмінності в складі білкових компонентів, що впливає на технологічні та харчові властивості цих злаків. У пшениці основними білками ендосперму є глютеніни та глютенін. Вони становлять близько 80-85% від загального білкового складу зерна. Глютеніни є основними відповідальними за здатність пшениці формувати клейковину, що робить її ідеальною для хлібопечення. У спельті білковий склад ендосперму також включає глютеніни та білки, але в менших кількостях порівняно з пшеницею – приблизно 60-70% від загальної кількості білків. Завдяки цьому борошно зі спельти має менш

виражену еластичність і клейкість, що впливає на властивості тіста та кінцевого продукту [22].

Алейроновий шар – складається з одного шару великих клітин з чітко вираженими стінками, які розташовані між ендоспермом і оболонками зерна. Його клітини мають характерну будову, яка забезпечує накопичення поживних речовин, важливих для росту майбутнього проростка [23,24].

У пшениці клітини алейронового шару мають квадратну або трохи витягнуту форму. Їх розмір варіюється в межах 20–40 мкм у довжину і 10–20 мкм у ширину. У спельти клітини здебільшого мають округлу або овальну форму. Розміри можуть бути більшими — 30–50 мкм у довжину і 15–25 мкм у ширину, що пояснюється більш товстими клітинними стінками. Клітини алейронового шару у спельти більш масивні (до 3 мкм проти 1–2 мкм у пшениці) та механічно міцні завдяки товстішим стінкам і великим розмірам. Це зумовлює більший вміст поживних речовин, але також ускладнює їх виділення під час технологічної обробки.

Оболонки зерна (перикарп і теста) – зовнішній шар зерна, який складається з клітинних тканин, що захищають внутрішні структури зерна. Оболонки містять клітковину, мінерали та інші нерозчинні речовини [25,26].

У спельти оболонка товща, ніж у пшениці, що забезпечує її кращу стійкість до захворювань та шкідників, але знижує технологічні властивості через необхідність луцення при її переробці. Оболонки спельти містять вищий вміст клітковини (70-80%), з більшою кількістю лігніну та пектину, що робить їх більш стійкими до механічних пошкоджень. Це також сприяє вищій здатності до збереження поживних речовин, але й знижує доступність деяких нутрієнтів для переробки. Крім того, спельта містить більшу кількість фітинової кислоти, яка зв'язує мінеральні речовини (особливо кальцій та магній), що може впливати на засвоєння цих мікроелементів організмом.

Зародок (ембріон) – є важливою частиною, що забезпечує проростання і розвиток рослини. Він складається з клітин, багатих на білки, жири та вуглеводи, що робить його джерелом енергії для початкового розвитку.

У зародку зосереджено більшість корисних біологічно активних речовин зерна. У порівнянні з іншими частинами зерна, такими як ендосперм або оболонки, зародок має меншу масу, але його роль у відновленні та рості рослини є незамінною [27,28].

У пшениці та спельті зародок має подібну структуру, але в спельті він часто менший за розміром і займає меншу частку від загальної маси зерна.

Кожна складова зерна має унікальний хімічний склад, структуру та функціональне призначення, що визначає її важливість як для харчової цінності, так і для технологічних процесів переробки [29,30].

Таблиця 4.1 – Анатомічний склад зерна пшениці і спельті

Компонент	Пшениця, (%)	Спельта (обрушена), (%)	Спельта (необрушена), (%)
Ендосперм	82–84	75–80	60–65
Зародок	2,5–3,0	2,0–3,0	1,5–2,5
Алейроновий шар	6-8	9-10	5-7
Оболонки (плодова і насіннева)	6-8	8-11	6-9
Квіткові оболонки (лузга)	—	—	20–25

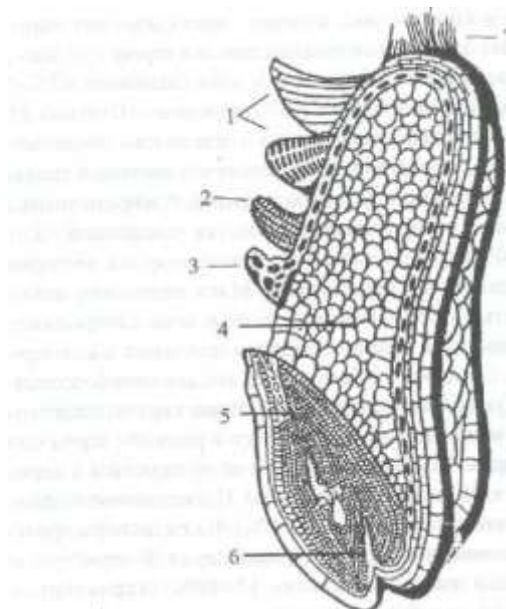


Рис. 4.1 – Будова зерна пшениці:

1 – плодова оболонка; 2 - насіннева оболонка; 3 - алейроновий шар;
4 - ендосперм; 5 - щиток; 6 - зародок; 7 – борідка.

При сучасній технології переробки зерна оболонки та алейроновий шар прагнуть видалити [31,32]. При цьому товщина оболонок і алейронового шару, що утворюють висівки, впливає на якість виробленого продукту. Дуже тонкі оболонки легко подрібнюються і переходять у муку, а надмірно товсті ускладнюють відділення ендосперму, зменшуючи вихід борошна.

Співвідношення анатомічних частин зернівки злаків є важливим фактором, що безпосередньо впливає на технологічні характеристики та економічну ефективність переробки зерна. Оболонки, які складаються з кількох шарів клітин, включаючи алейроновий шар, насінневі та плодові оболонки, відіграють ключову роль у захисті зародка і ендосперму, але в той же час значно знижують вміст поживних речовин у кінцевому продукті. Чим більше оболонок в зерні, тим менше кількість поживних елементів потрапляє в борошно під час його обробки. Зокрема, оболонки є основним джерелом клітковини, яка не засвоюється організмом людини і призводить до зменшення харчової цінності продукту.

Наявність великої кількості оболонок також зменшує вихід борошна при переробці, оскільки значна частина зерна, як у спельти, містить важкі для переробки оболонки, які не підлягають подальшому помелу у дрібне борошно. Це означає, що для отримання однорідного борошна доводиться видалити значну кількість оболонок, що потребує додаткових енерговитрат і знижує економічну ефективність виробництва. У той час, як зерно з більш низьким вмістом оболонок, як у пшениці, дає вищий вихід борошна з більш високими показниками харчової цінності та зручності у подальшій переробці.

Крім того, оболонки зерна значно впливають на його технологічні властивості під час зберігання і переробки, особливо через наявність антипоживних речовин, таких як ферменти, які можуть взаємодіяти з іншими компонентами зерна, знижуючи його якість.

4.1.3 Хімічний склад зерна пшениці та спельти

Хімічний склад зерна є основою його поживної цінності і має великий вплив на здоров'я людини. Основними компонентами зерна є білки, жири, вуглеводи, харчові волокна (клітковина), мінерали та вітаміни групи В. Зернові культури, зокрема пшениця, є основним джерелом харчових вуглеводів і білка для людей по всьому світу. Зерно пшениці, зокрема, широко використовується для виготовлення борошна, хлібобулочних виробів та інших продуктів, і його склад варіюється в залежності від виду пшениці (м'яка, тверда, полба, спельта і т.д.), сорту, умов вирощування та обробки [33–37].

У таблиці 4.2 наведено порівняння хімічного складу зерна пшениці та спельти.

Таблиця 4.2 – Хімічний склад зерна пшениці і спельти, %

Компонент	Пшениця (звичайна)	Спельта (обрушена)	Спельта (необрушена)
Вологість, %	12-14	12-14	13-15
Білок, %	10-14	12-16	12-18
Жири, %	1,5-2,5	1,5-2,5	1,5-2,5
Крохмаль, %	60-65	55-60	50-60
Пентозани, %	5,0-7,0	8,0-10,0	10,0-12,0
Клітковина, %	2,0-3,0	5,5-7,0	6,5-8,0
Зола, %	1,5-2,0	2,0-2,5	2,0-3,0
Мікроелементи, мг/100г			
- Калій (K)	200-300	300-350	350-400
- Магній (Mg)	120-150	140-180	150-200
- Фосфор (P)	300-400	350-450	400-500
Вітаміни, мг/100г			
- Вітамін E	0,8-1,2	1,0-1,3	1,0-1,5
- Вітамін B1	0,1-0,2	0,2-0,25	0,2-0,3
- Вітамін B2	0,1-0,2	0,1-0,2	0,1-0,3

Білки пшениці є важливими компонентами її зерна і складаються з кількох фракцій, які мають різні фізіологічні функції та технологічні властивості. Основними фракціями білків пшениці є:

Глютеніві білки — це основні білки пшениці, які утворюють клейковину, необхідну для створення еластичного тіста, здатного утримувати вуглекислий газ, що виділяється при бродінні. Вони складаються з двох груп білків: гліадинів і глютенінів. Гліадини відповідають за в'язкість і розтяжність тіста. Вони важливі для формування структури хліба. Глютеніні забезпечують еластичність і здатність до зберігання форми тіста, що важливо для його підйому під час випікання [30].

Альбуміни та глобуліни — це водорозчинні білки, що складають невелику частину від загального вмісту білка в пшениці. Вони відповідають за водний обмін і захист рослини від патогенів. Ці білки зазвичай більш легко засвоюються організмом і мають менше технологічних властивостей порівняно з глютенівими білками. Але вони дуже важливі, так як обумовлюють ферментну активність зерна і продуктів його переробки.

У спельті також є глютеніві білки, але їхній склад дещо відрізняється. Спельта містить менше гліадину, порівняно з пшеницею, що робить її менш алергенною. Гліадини спельти мають іншу амінокислотну композицію, що може знижувати ризик розвитку алергічних реакцій, пов'язаних з непереносимістю глютену. Алергенність гліадину є однією з основних причин для появи алергічних реакцій на пшеницю у людей, які страждають на целиацію або непереносимість глютену. Гліадин, зокрема його частини, здатні викликати запалення і порушення в травній системі, оскільки вони взаємодіють з імунною системою. Спельта містить менше цих алергенних компонентів, що робить її більш придатною для людей, чутливих до глютену, хоча вона не є повністю безглютеновою культурою [38,39].

Жири в зерні відіграють важливу роль у забезпеченні енергетичної цінності та технологічних характеристик. Основна частина жирів міститься в зародку, менша – в оболонках та ендоспермі. У харчовій промисловості вони впливають на якість продукції та терміни її зберігання, адже жири можуть піддаватися окисленню.

Жири пшениці становлять 1,5–2,5% маси зерна; основна частина локалізується в зародку. За жирнокислотним складом жири пшениці містять пальмітинову кислоту (20–25%); олеїнову кислоту (12–16%); лінолеву кислоту (50–60%); ліноленову кислоту (5–10%). Жири спельти також становлять 1,5–2,5% і розподіляються подібно до пшениці. У жирах спельти спостерігається нижчий вміст пальмітинової кислоти (18–22%) і вищий вміст ненасичених жирних кислот: олеїнової (14–18%); лінолевої (55–65%); ліноленової (8–12%). Ці показники вказують на більшу біологічну активність жирів спельти. Особливістю жирів спельти є вищий вміст ліноленової кислоти, що робить їх кориснішими для здоров'я; більший ризик окислення через високу частку поліненасичених жирних кислот; антиоксидантна активність завдяки високому вмісту вітаміну Е [40].

Вуглеводи є основним енергетичним компонентом зернових культур, що становлять від 60% до 80% сухої маси зерна. Основними формами вуглеводів є крохмаль, цукри (моно- та дисахариди), клітковина, пентозани та геміцелюлоза. У складі зернових переважає крохмаль, який є резервним полісахаридом, тоді як інші вуглеводи виконують структурні та функціональні ролі.

Крохмаль – основний вуглевод, представлений у вигляді амілози (20-30%) та амілопектину (70-80%). Він зберігається в ендоспермі та є головним джерелом енергії для споживачів. Крохмаль становить 60-65% сухої маси зерна, зосереджений в ендоспермі.

Крохмаль у зернових культурах є основним резервним полісахаридом і зберігається у вигляді крахмальних гранул, розташованих у клітинах ендосперму. Ці гранули різняться за розміром, формою, структурою та властивостями, що впливає на функціональні характеристики зерна при його переробці та використанні. Крахмальні гранули можуть бути дрібними (2-10 мкм), середніми (10-20 мкм) або великими (20-50 мкм), залежно від культури. Гранули бувають округлими, еліптичними або багатограними, що також залежить від типу зернової культури.

У пшениці спостерігається два основних типи гранул – великі (20-35 мкм) та дрібні (2-10 мкм). Великі гранули мають округлу або еліптичну форму, а дрібні – більш кутову. Великі гранули складають близько 70% від загальної маси крохмалю, а дрібні – решту 30%. Гранули крохмалю спельти мають більш витягнуту еліптичну форму, порівняно з пшеницею.

Пентозани у пшениці та спельті – це складні полісахариди, які складаються переважно з пентоз (п'ятиуглецевих цукрів, таких як арабіноза і ксилоза). У зернових культурах пентозани є важливим компонентом клітинних стінок і впливають на технологічні властивості зерна, зокрема під час переробки та хлібопечення. Пентозани складаються з пентоз, таких як арабіноза, ксилоза, а іноді й уронових кислот. Вони можуть бути водорозчинними або нерозчинними. Пентозани виконують структурну функцію у клітинних стінках, забезпечуючи механічну міцність і регулюючи обмін вологи. Завдяки високій гідрофільності пентозани утримують вологу, що впливає на реологічні властивості тіста.

Клітковина (харчові волокна) – це складні полісахариди, які входять до складу клітинних стінок зерна і є важливим компонентом для забезпечення нормального функціонування травної системи людини. У зернових культурах клітковина знаходиться переважно в оболонках зерна (плодова, насіннева, алейроновий шар), а її вміст і властивості залежать від виду культури, ступеня обробки зерна та його структури. Клітковина складається з целюлози, геміцелюлози, лігніну, пектинових речовин, а також інших структурних компонентів.

Спельта містить більше клітковини, ніж пшениця, через більшу частку оболонкових шарів і алейронового шару. У пшениці більше розчинної клітковини, тоді як у спельти переважає нерозчинна клітковина, особливо в необрушеному стані. У квіткових оболонках спельти більше лігніну, що надає зерну жорсткості. Ця клітковина менш доступна для травлення [41].

Зола — це нерозчинні залишки, які утворюються після спалювання органічних речовин. У зерні зола складається з мінеральних компонентів,

що залишаються після згоряння органічної частини зерна, таких як клітковина, білки та жири. Вміст золи в зерні залежить від виду культури, сорту зерна та умов вирощування. Вона включає в себе різні мікроелементи, такі як калій, магній, кальцій, фосфор та мікроелементи, необхідні для нормального функціонування організму. Мінерали, що містяться в золі, використовуються рослиною для росту та розвитку, особливо для регуляції кислотно-лужного балансу в ґрунті та поліпшення поживних властивостей. Зола є джерелом важливих мікроелементів для організму людини. Зокрема, калій та магній важливі для серцево-судинної системи, а кальцій — для кісток та зубів.

Пшениця містить менше золи порівняно з деякими іншими зерновими культурами через менш розвинену оболонкову частину, що визначає зниження вмісту мінералів у ендоспермі. Завдяки більшому вмісту оболонок і алейронового шару, спельта має вищу кількість мінералів, що впливає на підвищення вмісту золи. Також на збільшення зольності зерна спельти позитивно впливає її менша врожайність та переважно органічний спосіб її виробництва. У необрушеній спельті вміст золи може досягати 2,0–3,0%, зокрема завдяки наявності квіткових оболонок, які містять значну кількість мінеральних речовин [42].

Мікроелементи — це хімічні елементи, які необхідні для нормального функціонування живих організмів, але присутні в організмі лише в малих кількостях. Вони відіграють важливу роль у метаболічних процесах, забезпечують функціонування ферментних систем, сприяють нормалізації обміну речовин і зміцненню імунної системи. У зернових культурах мікроелементи можуть бути представлені в різних кількостях, залежно від виду та сорту зерна, умов його вирощування, а також методів обробки.

Зерно містить такі основні мікроелементи, як калій (K), магній (Mg), фосфор (P), залізо (Fe), цинк (Zn), мідь (Cu), марганець (Mn) та інші.

Калій — один з основних макроелементів, важливий для регуляції водного балансу, підтримки кислотно-лужного балансу в рослинах, а також

для покращення фотосинтезу. Калій також сприяє зміцненню клітинних стінок і покращенню стійкості рослин до стресів (сухість, хвороби) [43].

Магній є важливим компонентом хлорофілу та необхідний для фотосинтетичних процесів у рослинах. Він бере участь у більш ніж 300 ферментативних реакціях, таких як синтез білків і обмін енергії. Магній також має важливе значення для здоров'я людського організму, зокрема для нормальної роботи нервової системи, м'язів і серцево-судинної системи [43].

Фосфор є основним елементом для синтезу ДНК, РНК і АТФ (аденозинтрифосфату), що важливо для енергетичного обміну та передачі інформації в клітинах. У зерні фосфор міститься в основному у вигляді фосфоліпідів і фітинів, а також в формі солей.

Цинк є важливим для імунної системи, метаболізму білків і клітинного розподілу. Мідь необхідна для утворення червоних кров'яних клітин, а також для роботи антиоксидантних систем організму. Марганець важливий для антиоксидантного захисту і метаболізму кісток.

Кількість цих важливих мікроелементів у спельті більше порівняно з пшеницею, що пов'язано з її більш розвиненими оболонками, в яких накопичуються мінеральні речовини. Це сприяє покращенню її харчової цінності [42].

Вітаміни — це органічні сполуки, які необхідні для нормального функціонування організму, але не виробляються в достатній кількості самостійно, тому повинні надходити з їжею. Зернові культури, такі як пшениця і спельта, містять різноманітні вітаміни, що грають важливу роль у метаболізмі людини, підтримці імунної системи, обміні речовин та загальному здоров'ю [44].

Основні вітаміни, що містяться в зернових, це вітаміни групи В (В1, В2, В6, В9), вітамін Е (токоферол). Інші вітаміни у зернових містяться у невеликих кількостях залежно від культури [45].

Вітаміни групи В необхідні для підтримки нормального обміну речовин, енергетичного обміну, здоров'я нервової системи, шкіри та волосяних фолікул.

Пшениця є хорошим джерелом вітамінів В1 (тіаміну), В2 (рибофлавіну), В3 (нікотинової кислоти), В6 (піридоксину), В9 (фолієвої кислоти). Вміст цих вітамінів у пшениці часто є вищим, ніж у багатьох інших зернових, таких як кукурудза чи рис. Спельта має вищі концентрації деяких вітамінів групи В, зокрема В1 (тіамін) та В3 (нікотинова кислота), порівняно з пшеницею [46].

Вітамін Е є потужним антиоксидантом, який допомагає захистити клітини від окислювальних процесів і сприяє нормалізації обміну речовин.

Пшениця та спельта містять вітамін Е, але його концентрація значно нижча, ніж у деяких інших зернових, таких як ячмінь або овес, які мають вищий вміст токоферолу.

Таким чином, спельта має ряд переваг перед пшеницею завдяки своєму більш багатому хімічному складу. Вищий вміст білка, клітковини, мікроелементів та вітамінів робить спельту ціннішим продуктом для харчування. Її більш насичений склад позитивно впливає на здоров'я, зокрема на підтримку серцево-судинної системи, нормалізацію обміну речовин та поліпшення травлення. Завдяки наявності важливих вітамінів і мікроелементів, спельта вважається кориснішою і поживнішою альтернативою звичайній пшениці, що робить її все більш популярним вибором для здорового харчування [47].

4.2 Методика проведення досліджень

В якості індивідуального завдання необхідно було проаналізувати показники якості борошна пшеничного вищого сорту індустріального помелу, показники якості спельтового борошна лабораторного помелу та показники

якості композитного борошна (70 % пшеничного борошна Т550 вищого сорту : 30 % спельтового борошна Т600).

У борошні визначали такі показники якості:

Вологість – за ГОСТ 9404-88 «МУКА И ОТРУБИ. Метод определения влажности» (скасовано в Україні) та за ДСТУ EN ISO 12099:2022 «Корми для тварин, зернові та подрібнені зернові продукти. Настанови щодо застосування ближньої інфрачервоної спектрометрії» на інфрачервоному аналізаторі FPI SupNir 2700;

Зольність – за ДСТУ EN ISO 12099:2022 «Корми для тварин, зернові та подрібнені зернові продукти. Настанови щодо застосування ближньої інфрачервоної спектрометрії» на інфрачервоному аналізаторі FPI SupNir 2700;

Білість – за ДСТУ ГОСТ 26361:2019 «Борошно. Метод визначення білизни» на аналізатору білості ЦУ ТЕП–II–6;

Вміст протеїну – за ДСТУ EN ISO 12099:2022 «Корми для тварин, зернові та подрібнені зернові продукти. Настанови щодо застосування ближньої інфрачервоної спектрометрії» на інфрачервоному аналізаторі FPI SupNir 2700;

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

Індекс Зелені – за ДСТУ ISO 5529:2014 «Пшениця. Визначання індексу седиментації методом Зелені»;

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;

Показники SRC тесту – за ААСС 56-11.02 «Solvent Retention Capacity Profile» на центрифугі OLISLAB 6400 та шейкеру OLISLAB 6300;

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;

Показники пробної випічки – за адаптованим ДСТУ 27669 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба» (скасовано в Україні) безопарним способом випічки хліба із тіста однакової вологості, замішаного із 100 г борошна.

Позначення показників якості:

MC – Вологість борошна, %; WH – Білість борошна, од.; AC – Зольність борошна, %; PC – Вміст білка у борошні, %; GC – Клейковина борошна, %; GDI – ІДК борошна, од.; ZI – індекс Зелені у борошні, од.; FN – ЧП борошна, с;

SRC WA – SRC у воді, %; SRC SUC – SRC у цукрозі, %; SRC CAR – SRC у карбонаті, %; SRC LAC – SRC у лактозі, %; GPI – Індекс білкової ефективності;

W – енергія деформації, 10–4J; P – пружність, мм; L – розтяжність, мм; P/L – коефіцієнт відношення пружності та розтяжності (конфігурація альвеограми борошна); Ie – індекс еластичності, %; G – індекс розтяжності;

LV – об'єм хліба, мл; LP – пористість хліба, %; LS – балова оцінка, бали.

Чинність методів визначення наведена у [48].

4.3 Результати досліджень

Показники якості пшеничного борошна оцінюються великою кількістю показників якості, які можна згрупувати за такими групами [49,50]:

- фізико-хімічні показники (вологість, зольність, білість, вміст білка);
- функціонально-технологічні показники борошна (вміст клейковини, ІДК, Індекс Зелені, ЧП, тест SRC);

- функціонально-технологічні показники тіста (тест альвеографу);
- показники пробного лабораторного випікання.

У табл. 4.3 показано порівняльну характеристику фізико-хімічних та функціонально-технологічних показників пшеничного, спельтового борошна та їх суміші.

Таблиця 4.3 – Фізико-хімічні та функціонально-технологічні показники борошна

Показник	MC, %	AC, %	WH, уп.	PC, %	GC, %	GDI, уп.	ZI, уп.	FN, sec
Пшеничне борошно	14,6	0,52	58,7	10,8	25,2	60	36	365
Спельтове борошно	14,0	0,59	56,5	13,8	34,5	90	18	295
Пшенично/спельтове борошно (70/30)	14,4	0,55	57,8	11,9	28,7	70	30	328

Вологість борошна є важливим показником, що впливає на його якість та збереженість. Згідно зі стандартом, вона не повинна перевищувати 15%. Пшеничне борошно має вологість 14,6%, а спельтове – 14,0%, і обидва види відповідають встановленим вимогам, хоча спельтове борошно має трохи нижчий показник, що може свідчити про його кращу стійкість до псування під час зберігання. Більш низька вологість цього борошна обумовлена тим, що звичайну пшеницю у промислових умовах зволожують до вологості 16-16,5%, в той час як спельту в лабораторних умовах зволожували до вологості 15,0% внаслідок її більшої м'якозерності і гіршої вимелюваності [51].

Зольність борошна є важливим показником, що характеризує вміст мінеральних речовин, які залишаються після озоління. Залежить від багатьох факторів, починаючи від сорту зерна, режимів помелу і від його загального виходу. Чим нижчий цей показник, тим вищий ступінь очищення зерна від оболонок під час помелу, а отже, вища якість борошна. Для пшеничного борошна вищого сорту згідно з ГСТУ 46.004-99 зольність не повинна перевищувати 0,55%. За кордоном таке борошно має тип 550. Досліджений зразок

пшеничного борошна відповідав обмеженню цього стандарту, а зразок спельтового борошна переважав внаслідок того, що був отриманий при односортному помелі на лабораторному млині і тому відповідав типу 600.

Білість борошна характеризує його зовнішній вигляд та ступінь очищення і фактично є зворотним показником до зольності. Чим вищий цей показник, тим світліше борошно. Згідно з ГСТУ 46.004-99, білість пшеничного борошна вищого сорту повинна становити не менше 54 од. У представлених даних білість пшеничного борошна — 58,7 од., що значно перевищує мінімальну вимогу, а спельтове борошно має нижчий показник — 56,5 од.

Підвищений вміст золи в борошні спельти (0,59%) і відповідно знизена білість (на 2,2 од.) є результатом як особливостей помелу, так і властивостями зерна спельти, яка є більш м'якозерною та гірше вимелюється.

Вміст білка є важливим показником для визначення харчової цінності борошна, а також його здатності формувати структуру тесту при випіканні хліба. Згідно з рекомендаціями для хлібопекарського призначення, мінімальний вміст білка має бути не менше 10,5%.

Пшеничне борошно містить 10,8% білка, що перевищує цей мінімум, відповідаючи мінімальним вимогам для хлібопекарських виробів. Спельтове борошно має значно вищий вміст білка — 13,8%, що робить його більш корисним для споживача. Суміш пшеничного та спельтового борошна (70/30) містить 11,9% білка, що також перевищує мінімальні вимоги для хлібопекарського призначення, забезпечуючи хорошу поживну цінність і оптимальну текстуру для випічки.

Клейковина — це складний білковий комплекс, що утворюється в борошні під час замішування тіста. Вона складається з двох основних білків: глютеніну та гліадину, які взаємодіють з водою, утворюючи еластичну структуру. Клейковина надає тісту еластичність, що дозволяє йому тримати форму під час випікання і сприяє утриманню газів, що виділяються під час бродіння, завдяки чому хліб піднімається [52,53].

У зразку пшеничного борошна вміст клейковини був невисокий через погані кліматичні умови вирощування, і складав всього 25,2%. Це також корелює з вмістом білка в борошні (10,8%), оскільки клейковина складається з білкових компонентів, і зниження її кількості часто свідчить про низький вміст білка в зерні. У спельтовому борошні, де вміст білка вищий (13,8%), клейковини було більше — 34,5%.

Індекс деформації клейковини (ІДК) — це показник, який оцінює здатність клейковини, що утворюється з борошна, до деформації під час замісу тіста. Він вимірюється за допомогою спеціальних методів, що дозволяють визначити, наскільки еластичним і пластичним є утворений клейковинний комплекс. ІДК в межах 60–70 одиниць свідчить про тісто, яке має добру пружність, що дозволяє йому зберігати форму під час обробки та випічки. Тісто з ІДК 80–90 одиниць стає більш пластичним і здатним до розтягування, що надає йому більшу еластичність і дозволяє досягати тоншої структури. Для звичайного хлібопекарського використання рекомендовано мати ІДК в діапазоні 60–80 одиниць, оскільки це забезпечує оптимальну комбінацію еластичності і здатності до формування хлібної структури, що важливо для отримання пористої, м'якої та рівномірно пропеченої випічки.

Якщо порівняти пшеничне і спельтове борошно, то пшеничне борошно має ІДК 60 одиниць, що відповідає вимогам для хлібопекарських виробів із середньою еластичністю. Це забезпечує хорошу пружність тіста, яке підходить для виготовлення звичайного хліба. Спельтове борошно має ІДК 90 одиниць, що означає, що тісто з нього буде більш здатне до розтягування і буде мати більш еластичну структуру. Це може бути корисним для випічки, яка потребує більш тонкої і еластичної текстури, але може вимагати коригування рецептури для виготовлення звичайного хліба.

Що стосується суміші пшеничного та спельтового борошна (70/30), то її ІДК складає 70 одиниць, що знаходиться в межах рекомендованого діапазону для звичайного хлібопекарського використання (60–80 одиниць). Це значення забезпечує оптимальний баланс між пружністю та еластичністю.

Таке тісто буде мати хорошу здатність до підйому, утримуючи форму, але також залишаючись достатньо еластичним для досягнення бажаної текстури і легкості в обробці. Суміш пшеничного та спельтового борошна дозволяє поєднати переваги обох видів борошна: пружність пшеничного борошна та еластичність спельтового борошна.

Індекс Зелені (ZI) є важливим показником для оцінки кількості та якості вологої клейковини в борошні. Тест Зелені показує здатність білкових молекул набрякати в слабо кислому середовищі. Він широко використовується для дискримінації зразків пшениці, зокрема для визначення їх здатності до утримання води та розвитку клейковини. Тест проводиться шляхом змішування борошна з водою і вимірювання обсягу осаду, який утворюється в результаті набухання білків. Чим більше осад, тим вища якість борошна. Результати тесту зазвичай виражаються в мілілітрах (мл), причому борошно з високим вмістом клейковини та гарною якістю зазвичай показує більший обсяг осаду. Зазвичай значення Індексу Зелені менше за 25 мл вважається менш придатним для випічки, оскільки таке борошно може не мати достатньо клейковини для якісного формування тіста [54].

У пшеничному борошні тест Зелені показав результат 36 мл, що свідчить про середню якість борошна та достатню здатність клейковини утримувати воду та газу. Це є відображенням помірного вмісту клейковини та її еластичних властивостей (ІДК 60 одиниць), що сприяє хорошему підйому тіста. У спельтовому борошні результат тесту Зелені становить 18 мл, незважаючи на більш високий вміст білка. Це свідчить про слабшу якість білка спельти порівняно з пшеничним борошном, оскільки його білки мають меншу здатність до утримання газів у тісті. Це корелює з вищим ІДК (90 одиниць), що вказує на більшу розтяжність клейковини, але меншу еластичність.

Таким чином, незважаючи на вищий вміст білка та клейковини у спельтовому борошні, його білки є більш слабкими, з меншою здатністю утримувати газу в тісті, що негативно впливає на хлібопекарні властивості. Це

знижує його ефективність у випічці, що підтверджується результатами тесту Зелені.

Число падіння (ЧП) є показником, який вказує на ензиматичну активність (альфа-амілази), залежно від кількості ступеню проростання зерна. Верхній ліміт значення ЧП не регулюється. Занадто високі значення ЧП (>300 с) для пшеничного борошна вказують на знижену активність нативних ферментів, що в результаті призводить до недостатнього об'єму хліба та утворення газів. Пшеничне борошно показало ЧП = 365 с – трохи вище середнього, що є типовою ситуацією для України. У свою чергу, ЧП спельтового борошна становить 295 с, що свідчить про більш високу газоутворювальну здатність.

Метод водозв'язуючої спроможності (SRC) — це новітній метод оцінки якості борошна, який вимірює здатність різних складових борошна вступати в контакт з розчинами: деіонізованою водою, 5% розчином молочної кислоти (для вимірювання глютенінів), 5% розчином карбонату натрію (для вимірювання пошкодження крохмалю) та 50% розчином сахарози (для вимірювання пентозанів). Цей метод дозволяє оцінити вплив кожного компонента борошна на його загальну водопоглинальну здатність, а також передбачити виникнення проблеми липкості тіста на автоматичних лініях.

Показники вологоутримуючої здатності наведено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Показники тесту SRC

Показник	SRC WA, %	SRC SUC, %	SRC CAR, %	SRC LAC, %	GPI
Пшеничне борошно	67	97	83	125	0,69
Спельтове борошно	61	90	72	95	0,59
Пшенично/спельтове борошно (70/30)	64	95	79	115	0,65

Пшеничне борошно має вищі значення всіх показників водозв'язуючої спроможності за методом SRC порівняно зі спельтовим борошном. Так, показник SRC WA (Water Absorption) для пшеничного борошна становить 67%, що свідчить про його більшу здатність поглинати воду, в порівнянні з 61% для спельтового борошна. Для показника SRC SUC (Sucrose Absorption) пшеничне борошно також перевищує спельтове борошно — 97% проти 90%. Це вказує на те, що пшеничне борошно здатне утримувати більше пентозанів, які впливають на еластичність і структуру тіста. Щодо SRC CAR (Carbohydrate Absorption), пшеничне борошно має значення 83%, що вище за 72% для спельтового борошна. Це свідчить про те, що пшеничне борошно має більший ступінь пошкодження крохмалю внаслідок більшої твердозерності м'якої пшениці у порівнянні зі спельтою. Значення SRC LAC (Lactic Acid Absorption) для пшеничного борошна — 125%, в порівнянні з 95% для спельтового борошна, що вказує на кращу технологічну якість білків пшеничного борошна.

За допомогою показника GPI (Gluten Performance Index) оцінюється загальна водоутримуюча здатність борошна, що є важливим для контролю за характеристиками тіста під час випічки. GPI (Gluten Performance Index) для пшеничного борошна становить 0,69, що вище на 0,10 ніж для спельтового борошна. Це свідчить про кращу водоутримувальну здатність і розвиток клейковини в пшеничному борошні, що робить його більш підходящим для хлібопекарських цілей.

Змішане пшенично/спельтове борошно (70/30) знаходиться між пшеничним і спельтовим борошном по всіх показниках, маючи компромісні значення водопоглинання в усіх розчинниках.

Сила борошна (W) — це один із основних показників якості борошна, який характеризує здатність борошна до утворення клейковини під час змішування тіста. Метод вимірювання сили борошна ґрунтується на використанні альвеограми, де проводиться вимірювання енергетичних характери-

стик тіста, зокрема його здатності до деформації. Сила борошна (W) визначається в одиницях 10^{-4} Дж і показує, скільки енергії потрібно для того, щоб розтягнути тесто до певного розміру альвеол. Вища величина W вказує на більш високу здатність борошна утворювати еластичне тісто, що є важливим для багатьох видів випічки [55,56].

Для різних видів борошна та їх цільового використання існують свої норми сили борошна та співвідношення P/L (пружність/розтяжність). Для пшеничного борошна вищого сорту (наприклад, для хлібопекарського призначення) сила борошна W повинна бути в межах $150-250 \cdot 10^{-4}$ Дж, а співвідношення P/L зазвичай має бути в межах $0,5-0,8$. Це свідчить про те, що таке борошно має достатню еластичність і водночас хорошу розтяжність для того, щоб тісто не тільки зберігало форму під час випічки, але й мало хорошу текстуру та об'єм.

Для кондитерського використання сила борошна W зазвичай знаходиться в межах $120-180 \cdot 10^{-4}$ Дж, а співвідношення P/L може варіюватися від $0,3$ до $0,6$. Це дозволяє створювати ніжне, легке тісто з гарною здатністю до розтягування. Це важливо для виготовлення кондитерських виробів, таких як тістечка, печиво та інші вироби, які потребують повітряної та пористої текстури.

Для більш сильного борошна (наприклад, для заморожених виробів або круасанів) сила борошна W може бути в межах $250-300 \cdot 10^{-4}$ Дж, а співвідношення P/L зазвичай знаходиться в межах $0,7-1,0$. Це борошно має вищу силу, що дозволяє створювати більш міцне і стійке тісто з меншою здатністю до розтягування, що необхідно для виробництва тіста, яке добре тримає форму при заморожуванні або в процесі випічки круасанів [57].

Данні альвеографічного тесту підтверджують вищенаведені результати і показують більш слабкі властивості білково-протеазного комплексу спельтового борошна (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Показники альвеографу

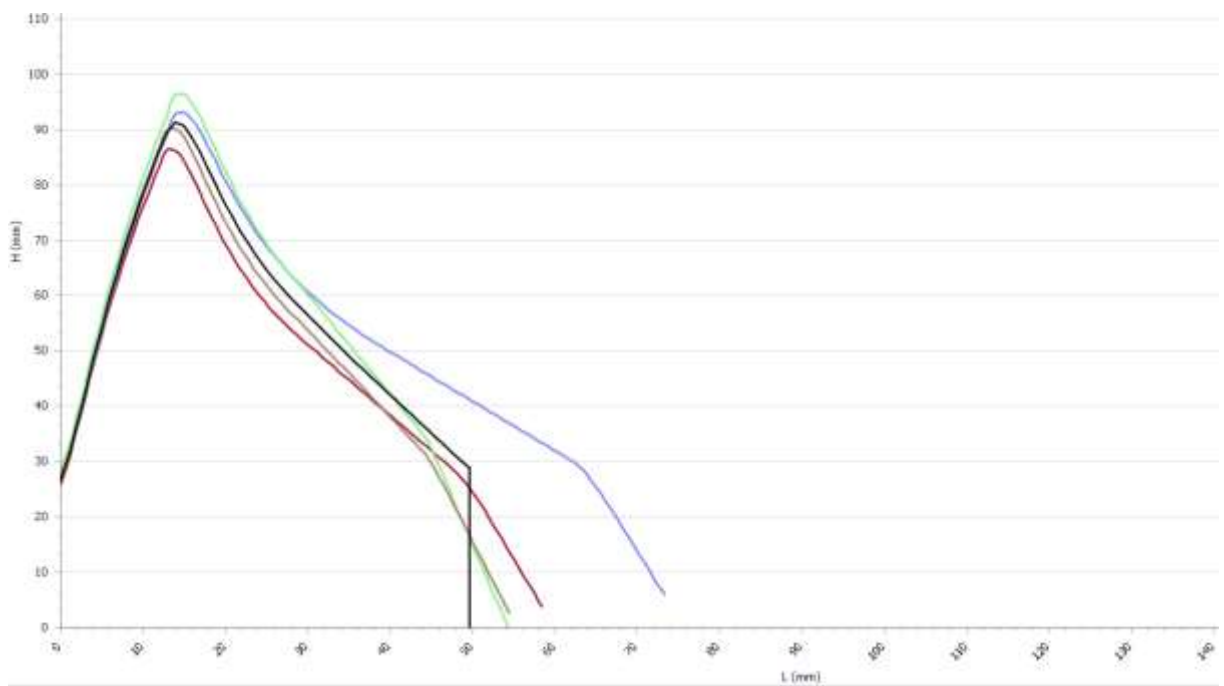
Показник	W, 10 ⁻⁴ J	P, мм	L, мм	P/L	Ie, %	G
Пшеничне борошно	190	100	49	2,04	46,7	15,5
Спельтове борошно	136	48	109	0,44	45,4	23,2
Пшенично/спельтове борошно (70/30)	177	82	66	1,54	46	18

За показником сили борошна (W) пшеничне борошно має значення 190×10^{-4} Дж, що свідчить про його середню силу та придатність для виробництва хлібобулочних виробів. Спельтове борошно має значно нижчий показник W — 136×10^{-4} Дж, що вказує на слабшу структуру тіста.

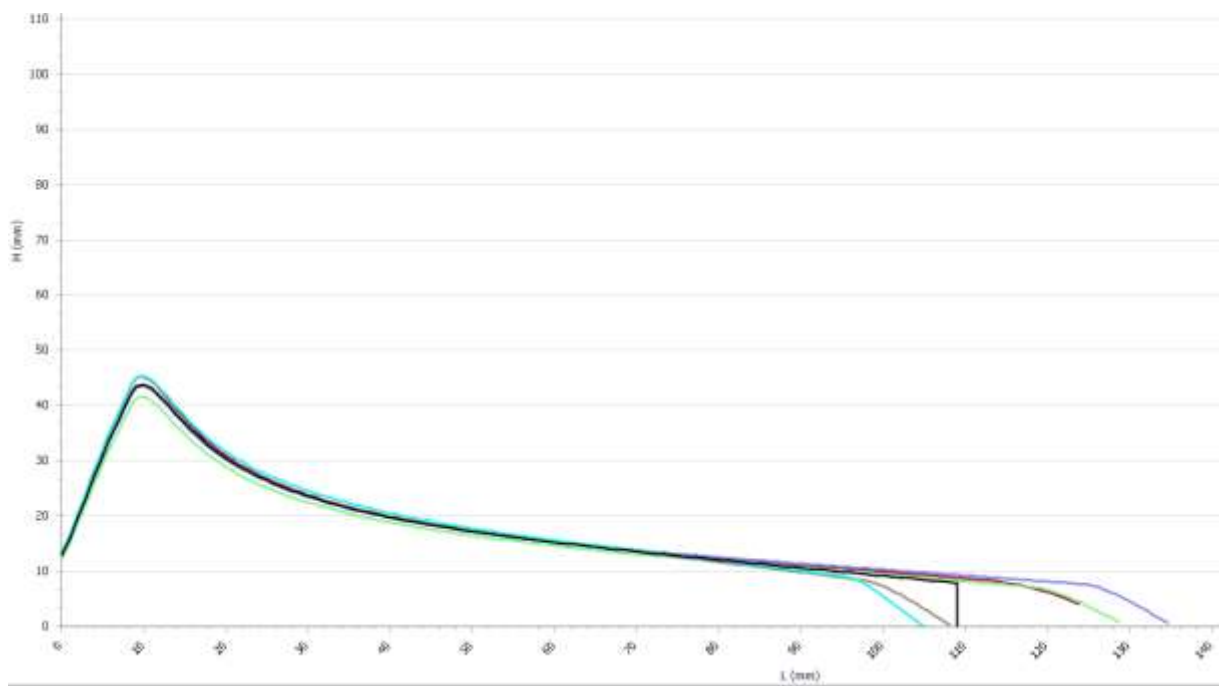
Пшеничне борошно має високий показник пружності $P = 100$ мм та розтяжності $L = 49$ мм, що дає співвідношення $P/L = 2,04$ (більше 1,5). Це означає, що пшеничне борошно має високу пружність, але низьку розтяжність, що обмежує здатність тіста до розтягування та зберігання форми під час випічки. Така структура борошна може бути не оптимальною для виробів, де потрібна хороша розтяжність.

У спельтовому борошні ситуація інша: значення пружності $P = 48$ мм і розтяжності $L = 109$ мм дають співвідношення $P/L = 0,44$, що свідчить про високу розтяжність при відносно низькій пружності. Це призводить до того, що тісто буде більш текучим і менш здатним до утримання форми під час випічки.

Для досягнення оптимальних властивостей для пекарських цілей було створено композитне пшенично-спельтове борошно у співвідношенні 70/30, яке поєднує переваги обох видів борошна. У такій суміші $P = 75$ мм і $L = 73$ мм, що дає співвідношення $P/L = 1,03$. Це забезпечує хороший баланс між еластичністю та розтяжністю, що дозволяє отримати тісто з оптимальною консистенцією, здатне зберігати форму під час випічки і при цьому мати хорошу текстуру та об'єм.



А



Б

Рис. 4.2 – Альвеограми борошна:

А – пшеничне; Б – спельтове

Згідно з отриманими результатами пробної лабораторної випічки, в табл. 4.6 представлені показники, які характеризують основні властивості хліба: об'єм, пористість і балова оцінка.

Таблиця 4.6 – Показники пробної випічки

Показник	LV, ml	LP, %	LS
Пшеничне борошно	430	76	4,4
Спельтове борошно	400	75	4,1
Пшенично/спельтове борошно (70/30)	455	78	4,6

Показник об'єму хліба (LV, мл) є критично важливим для визначення якості борошна, оскільки він показує об'єм кінцевого продукту. Для високоякісного борошна об'єм повинен бути понад 450 мл. Пшеничне борошно має об'єм 430 мл, що свідчить про гарну здатність до підйому та відповідну текстуру хліба, але це значення все ж не досягає верхньої межі оптимального об'єму, що властиве більш висококласному борошну. Спельтове борошно показує ще менше значення — 400 мл, що пов'язано із більш слабким білково-протеазним комплексом і його гіршою здатністю до утримання вуглекислого газу під час бродіння, що в свою чергу зменшує об'єм кінцевого продукту. У той же час композитне борошно (70/30) досягає найвищого показника об'єму — 455 мл, що свідчить про високу змішувальну здатність цих двох компонентів у обраному співвідношенні (70/30).

Пористість хліба (LP, %) є важливим показником, що характеризує кількість і розмір пор в готовому хлібі. Цей параметр є ключовим для визначення структури та текстури кінцевого продукту, оскільки пористість впливає на м'якість та загальний споживчий вигляд хліба. Для борошна вищого сорту пористість повинна бути не менше 70%. У представлених зразках пшеничне борошно має пористість 76%, що є хорошим значенням для цього

показника, однак не є надзвичайно високим. Недостатнє високе значення пов'язана з його високою пружністю ($P > 100$ мм) і міцною клейковини (ІДК = 60 од.). Загальна балова оцінка хліба з цього борошна є вищою за середню.

Спельтове борошно має пористість 75%, що дещо більше, ніж у пшеничного борошна внаслідок більш інтенсивного газоутворення завдяки вищому вмісту цукрів у спельтовому борошні та меншому значенні числа падіння. При цьому характер пористості дещо інший – більша кількість великих пор та розподілені вони менш рівномірно.

У випадку з композитним борошном, яке поєднує пшеничне та спельтове борошно в пропорції 70/30, пористість досягає найвищого показника серед усіх зразків — 77%. Це є свідченням змішувальної здатності обох видів борошна, де пшеничне борошно надає хорошу пружність та газоутримувальні властивості, а спельтове борошно доповнює його більш інтенсивним газоутворенням та кращими текстурними якостями. З таким співвідношенням компонентів композитне борошно отримує найкращі показники пористості та, відповідно, найвищу балову оцінку у порівнянні із пшеничним і спельтовим борошном.

Таким чином, на підставі аналізу літератури та проведених досліджень встановлено:

- 1) Спельтове борошно має кращу біологічну цінність, так як містить більше білка (до 15-17% проти 10-12% у пшеничному борошні), багатша на клітковину, магній, залізо, цинк і вітаміни групи В. Крім того, спельтове борошно має нижчий глікемічний індекс, що сприяє стабільному рівню цукру в крові. Її білок легше засвоюється завдяки особливій структурі глютену, що робить її придатною для людей із підвищеною чутливістю до пшениці (але не для тих, хто має целиакію). Також у спельтовій муці більше антиоксидантів, таких як селен, що сприяє зміцненню імунної системи.

- 2) Спельтове борошно має нижчу вологість, що забезпечує його кращу стійкість до псування. Зольність спельти вища (0,59% проти 0,52%), через що білість трохи нижча (56,5 од. проти 58,7 од.). У спельтовому борошні хоча і більш високий вміст білка (13,8% проти 10,8%) та клейковини (34,5% проти 25,2%), але якість білків слабша: ІДК (90 од. проти 60 од.), менше значення індексу Зелені (18 мл проти 36 мл).
- 3) За показником сили борошна (W) пшеничне борошно має значення 190×10^{-4} Дж, що свідчить про його середню силу та придатність для виробництва хлібобулочних виробів. Спельтове борошно має значно нижчий показник W — 136×10^{-4} Дж, що вказує на слабшу структуру тіста. За показником співвідношення пружності до розтяжності (P/L) пшеничне борошно має значення 2,04 ($P = 100$ мм, $L = 49$ мм), що свідчить про високу пружність і низьку розтяжність тіста, яке обмежує здатність до розтягування. Натомість у спельтового борошна P/L становить лише 0,44 ($P = 48$ мм, $L = 109$ мм), що демонструє низьку пружність, але високу розтяжність тіста, яке є більш текучим і менш здатним утримувати форму.
- 4) Спельтове борошно має нижчі значення всіх показників водозв'язуючої здатності за методом SRC порівняно з пшеничним борошном, а також гірший на 0,10 показник GPI, що призводить до зниження механічної міцності тіста, підвищення його текучості, та сприяє розвитку його надмірної липкості.
- 5) Змішування спельтового і пшеничного борошна у співвідношенні 70:30 дозволяє покращити технологічні властивості пшеничного борошна з невисоким значенням вмісту клейковини пружної за якістю. Випечений хліб має в 1,06 разів більше об'єм, на 2 % більш високу пористість та кращу балову оцінку.

РОЗДІЛ 5 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Характеристика сировини та готової продукції

Спельта – це окремий від пшениці. В Україні немає окремого стандарту на зерно спельти, тому далі наведено дані щодо стандартів на зерно пшеницю та пшеничне борошно.

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

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

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

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.747-03.IV.33.1		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Рибчинська С.Р.			Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волошенко О.С.				54	
Консультант					РОЗДІЛ 5		
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.			ОНТУ		

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

Таблиця 5.1 – Показники якості зерна м'якої пшениці по класах згідно з ДСТУ 3768-2019 «ПШЕНИЦЯ. Технічні умови» [58]

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
Смітцева 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 сирої 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

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

При визначенні зернової домішки до неї відносять:

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

При визначенні смітцевої домішки до неї відносять:

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

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

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

Таблиця 5.2 – Показники якості борошна згідно з ГСТУ 46.004-99 «БОРОШНО ПШЕНИЧНЕ. Технічні умови» [59]

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» [59]

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» [60]

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 70 т/доб.

Технологічний процес переробки зерна регламентується «Правилами...» [61], а борошномельний завод складається з 3-х відділень:

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

У зерноочисному відділенні виконують низку технологічних операцій, спрямованих на підготовку зерна до подальшої переробки. Основні етапи обробки включають:

- Очищення зерна від домішок – видалення сторонніх включень (каміння, металевих часток, пилу, насіння бур'янів) шляхом застосування різних сепараторів.

- Очищення поверхні зерна – усунення залишків пилу, мікроорганізмів та інших забруднень з оболонки зерна за допомогою оббивних або лушпильних машин.

- Вологотеплова обробка (ВТО) – комплексний вплив зволоження та відволоження, що сприяє зміцненню оболонки зерна та полегшенню відділення ендосперму при наступному подрібненні.

- Формування помельної партії – змішування різних за якісними характеристиками партій зерна для отримання сировини з оптимальними параметрами, такими як вміст клейковини та склоподібність.

- Контроль та класифікація відходів – виділення з відходів основного зерна.

- Грануляція висівок (за наявності відповідного обладнання) – обробка висівок для створення гранульованої форми, яка полегшує транспортування, зберігання та використання у тваринництві.

Зазначені процеси дозволяють забезпечити високу якість зернових продуктів, підвищити ефективність виробництва та знизити втрати цінної сировини.

Зерно, яке направляється в зерноочисне відділення борошномельного заводу, повинно відповідати обмежувальним кондиціям [61].

Основне технологічне обладнання у даному проекті запроектовано виробництва фірми Genc Degirmen (<https://gencdegirmen.com.tr>). Деяке транспортне обладнання, лушпильники та пневмосепаратори використовуються виробництва вітчизняного виробника ОЛІС (<https://olis.com.ua>).

Зерно спельти транспортується з елеватора до шести бункерів загальною ємністю 78 тонн за допомогою скребкового конвеєра ТСО-20 №1. Ємність бункерів розрахована так, щоб забезпечити зберігання зерна на 24 години безперервної роботи заводу.

У зерночисному відділенні все обладнання організоване в один потік.

Зерно з 6 бункерів для неочищеної сировини (Б1-Б6) подається через випускні воронки GRF 60 та засувки SGP 170 до регуляторів потоків GFBD-10. Потоки зерна регулюються електронними дозаторами, встановленими після кожного бункера. Далі зерно транспортується шнеком GVH 150 №1 і норією GEV 250/150 №1 на четвертий поверх, де його зважують на автоматичних вагах GPK 40.

Процес очищення зерна починається на ситовому сепараторі GCS 80/160 і в пневмоканалі GVH 060. Ці пристрої видаляють основну масу домішок, що відрізняються від зерна за шириною, товщиною та аеродинамічними властивостями. Ефективність очищення за сміттєвими домішками становить не менше 80%. У сепараторі встановлено два сита:

- Верхнє (Ø 7,0 мм) — для виділення крупних домішок.
- Нижнє (Δ 3,5 мм) — для відділення дрібних домішок і зерен меншого розміру.

Прохід сита Ø 7,0 мм та схід сита Δ 3,5 мм (очищене зерно) направляється на каменевідбірник GTA 60/120, де ефективно відділяються мінеральні домішки. Ефективність очищення зерна від мінеральних домішок – 98-99%.

Далі зерно спельти крізь магнітні колонки GMB 100 №1, №2 поступає у оперативні (надлуцильні) бункери (Б7, Б8), на відцентрові луцильники ШЦО-3,0 № 1, №2 для первинного луцення. Наявність оперативних бункерів забезпечує безперервну подачу зерна на луцильники, що дозволяє провести ефективне луцення з коефіцієнтом луцення не менше 60-70 %.

Далі здійснюється підйом обробленого зерна за допомогою норії GEV 250/150 № 2 та розділення продуктів лущення у пневмосепараторі АСО-3,0 № 1 та падді-машинах «ВЕКТОР» МСО-3х12 №1, №2. Лузга після пневмосепаратору направляється у бункери Б20-Б23 загальною ємністю 6 т. Нелущене зерно (30-40%) після падді-машин накопляють у оперативному бункері Б9 на луцать на другій луцильній системі у відцентровому луцильнику ШЦО-3,0 (№ 3), перед яким встановлено магнітну колонку GMB 100 №3.

Далі здійснюється підйом обробленого зерна за допомогою норії GEV 250/150 № 3 та розділення продуктів лущення у пневмосепараторі АСО-3,0 № 2 та падді-машині «ВЕКТОР» МСО-3х12 №3. Лузга після пневмосепаратору направляється у бункери Б20-Б23. Нелущене зерно після падді-машини повертається на повторне лущення на другій луцильній системі шляхом його направлення на норію GEV 250/150 № 2.

Фракцію лущеного зерна після падді-машин «ВЕКТОР» МСО-3х12 №1, №2 спрямовують на норію GEV 250/150 № 4, піднімають та об'єднують із лущеним зерном після падді-машин «ВЕКТОР» МСО-3х12 №3, та крізь крізь магнітну колонку GMB 100 спрямовують на оббивну машину GKS 30/60 та пневмоканал GCS 80/160 №2. Машина призначена для очищення поверхні зерна від мінеральної домішки, часткового зняття борідки, зародка і надірваних оболонок. Ефективність очищення зерна контролюється зменшенням зольності на 0,03-0,05%. Очищене зерно виводиться з машини через випускний патрубок, а відходи видаляються через нижню воронку для пилу та направляються на контроль відходів (див. вище).

Далі зерно норією GEV 250/150 № 5 подається на вихровий зволожувач GAC 250 № 1 і розподіляється по 4-х бункерах для першого відволоження загальною ємністю 29 т. Бункери забезпечують перше відволоження протягом до 12 годин.

Зерно з кожного бункеру для першого відволоження спливає у випускні випускні воронки GRF 60 та засувки SGP 170 зі швидкістю, встановленою регуляторами потоку GFBD-10, далі шнеком GVH 150 № 2 і норією GEV 250/150 № 6 подається на друге відволоження на вихровий зволожувач GAC 250 №2 і розподіляється по 2-х бункерах для другого відволоження загальної ємністю 15 т. Бункери забезпечують друге відволоження протягом до 8 годин.

Зерно з бункеру для другого відволоження спливає у випускні воронки GRF 60 та засувки SGP 170 зі швидкістю, встановленою регуляторами потоку GFBD-10, далі норією № 7 подається крізь магнітні колонки GMB 100 №5, №6 на луцильно-шліфовальні машини Каскад-2,5 №1, №2 та пневмоканал GVH 060 №3. Перед луцильниками встановлені оперативні бункери (Б16, Б17) ємністю 7 т для забезпечення їх ефективної роботи, що дозволяє провести ефективне луцення та знизити зольність на 0,1-0,15% зі ступеням луцення до 3-6%.

Повністю очищене та підготовлене зерно зберігається у бункері перед помелом (Б18) ємністю 1 т, зважується у автоматичних потокових вагах GPK 40 №2 і направляється на розмелювання на першу драну систему.

5.3 Вибір, розрахунок та підбір технологічного обладнання зерноочисного відділення

Продуктивність борошномельного заводу складає 70 т/добу. Проектуємо зерноочисне відділення на обладнанні виробництва Genc Degirmen (<https://gencdegirmen.com.tr>). Деяке транспортне обладнання, луцильники та пневмосепаратори використовуються виробництва вітчизняного виробника ОЛІС (<https://olis.com.ua>).

Продуктивність зерноочисного відділення для розрахунку технологічного та транспортного обладнання для забезпечення стабільної роботи розмелювального відділення розраховуємо із коефіцієнтом збільшення продуктивності 1,1-1,2 [62].

$$q_{з.оч} = 70 \cdot 1,1 = 77 \text{ т/добу.}$$

Кількість бункерів розраховуємо за формулою:

$$N = q \cdot t / (E1б)$$

де q – продуктивність заводу, $q = 77/24 = 3,2$ 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 лущеної спельти – $0,70$ т/м³, нелущеної спельти – $0,45$ т/м³, зволоженого зерна – $0,70$ т/м³, відходів – $0,50$ т/м³; лузги та мучки – $0,40$ т/м³;

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

Розрахунок кількості бункерів наведений у табл. 5.5.

Необхідну кількість технологічного обладнання підготовчого відділення визначаємо за добовою продуктивністю зерноочисного відділення $3,2$ т/год.

Продуктивність машин зерноочисного обладнання (q_m) визначаємо за паспортними даними

Таблиця 5.5 – Розрахунок бункерів

Бункери	Габаритні розміри, a x b x h, м	Об'єм бункера V, м ³	Натура продукту γ, кг/м ³	Кв бункеру	Ємність бункеру E1, т	Тривалість знаходження продукту Трозр, год	Вихід продукції, %	К-ть бункерів розрахункова Nрозр	К-ть бункерів прийнята Nфакт	Тривалість знаходження продукту Тфакт, год
для неочищеного зерна	2 x 2 x 8	32	0,45	0,9	13	24	100	5,4	6	24
оперативний 1	1,2 x 2,2 x 2,0	5	0,45	0,9	2	8	100	10,9	2	1
оперативний 2	1,2 x 2,2 x 2,0	5	0,45	0,9	2	8	100	10,9	1	1
для першого відволоження	1,2 x 1,2 x 8,0	12	0,70	0,9	7	12	75	3,6	4	12
для другого відволоження	1,2 x 1,2 x 8,0	12	0,70	0,9	7	4	75	1,2	2	6
оперативний 3	1,2 x 2,2 x 2,0	5	0,70	0,9	3	8	30	2,1	2	7
перед помелом	1,2 x 1,2 x 1,5	2	0,70	0,9	1	0,5	75	0,8	1	1
для некормових відходів	1,2 x 1,2 x 3,0	4	0,50	0,9	2	24	2,2	0,8	1	28
для лузги	1,2 x 1,2 x 3,0	4	0,40	0,9	2	24	22	9,9	4	9
для мучки	1,2 x 1,2 x 3,0	4	0,40	0,9	2	24	2	0,9	1	24

Необхідну кількість машин знаходимо за формулою:

$$N_m = qz.оч / q_m$$

Результати розрахунку зведені у табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Розрахунок кількості обладнання зерноочисного відділення

Тип обладнання	Позначення	Марка	Балансове навантаження, %*	qзоч, т/год	qm, т/год	К-ть розрах.	К-ть прийнята
Транспортер скребковий	1.1	ТСО-20	100,0	3,2	10	0,3	1
Транспортер шнековий	2.1	GVH 150	100,0	3,2	5	0,6	1
Норія зернова	3.1	GEV 250/150	100,0	3,2	7,5	0,4	1
Ваги автоматичні	4.1	GPK 40	100,0	3,2	8	0,4	1
Ситовий сепаратор	5.1	GCS 80/160	100,0	3,2	6	0,5	1
Аспіраційна колонка	6.1	GVH 060	100,0	3,2	4	0,8	1
Каменевідбирник	7.1	GTA 60/120	100,0	3,2	6	0,5	1
Магнітна колонка	8.1, 8.2	GMB 100	50,0	1,6	10	0,2	2
Відцентровий луцильник	9.1, 9.2	ШЦО-3,0	50,0	1,6	1,5	1,1	2
Норія зернова	3.2	GEV 250/150	100,0	3,2	7,5	0,4	1
Пневмосепаратор	14.1	АСО-3,0	100,0	3,2	3	1,1	1
Падді-машина	10.1, 10.2	«БЕКТОР» МСО-3х12	50,0	1,6	1,5	1,1	2
Магнітна колонка	8.3	GMB 100	35,0	1,1	10	0,1	1
Відцентровий луцильник	9.3	ШЦО-3,0	35,0	1,1	1,5	0,7	1
Норія зернова	3.4	GEV 250/150	65,0	2,1	7,5	0,3	1
Норія зернова	3.3	GEV 250/150	35,0	1,1	7,5	0,1	1
Пневмосепаратор	14.2	АСО-3,0	35,0	1,1	3	0,4	1
Падді-машина	10.3	«БЕКТОР» МСО-3х12	35,0	1,1	1,5	0,7	1
Магнітна колонка	8.4	GMB 100	100,0	3,2	10	0,3	1
Оббивна машина	11.1	GKS 30/60	100,0	3,2	6	0,5	1
Аспіраційна колонка	6.4	GCS 80/160	100,0	3,2	6	0,5	1
Норія зернова	3.5	GEV 250/150	100,0	3,2	7,5	0,4	1
Вихровий зволожувач	12.1	GAC 250	100,0	3,2	6	0,5	1
Транспортер шнековий	2.2	GVH 150	100	3,2	5	0,6	1
Норія зернова	3.6	GEV 250/150	100	3,2	7,5	0,4	1
Вихровий зволожувач	12.2	GAC 250	100	3,2	6	0,5	1
Норія зернова	3.7	GEV 250/150	100	3,2	7,5	0,4	1
Магнітна колонка	8.5, 8.6	GMB 100	50	1,6	10	0,2	2
Луцильник	13.1, 13.2	Каскад-2,5	50,0	1,6	2,2	0,7	2
Аспіраційна колонка	6.5	GVH 060	100	3,2	4	0,8	1
Норія зернова	3.8	GEV 250/150	100	3,2	7,5	0,4	1
Ваги автоматичні	4.2	GPK 40	100	3,2	8	0,4	1
Фільтр рукавний	15.1	РЦІ					
Фільтр рукавний	15.2	РЦІ					
Вентилятор	16.1	ВЦ					
Вентилятор	16.2	ВЦ					
Випускні воронки	19.1-19.12	GRF 60					12
Регулятор потоку	20.1-20.12	GFBD-10					12
Ваги (для відходів)	4.3	GPK	2,2	0,3			1
Магнітна колонка	8.7	GMB 100	2,2	0,3			1
Бурат	17.1		2,2	0,3			1
Молоткова дробарка	18.1		2,2	0,3			1

5.4 Опис технологічної схеми розмелювального відділення

Схема розмелювального відділення млинзаводу продуктивністю 70 т/добу включає 1 луцильну систему (в зерноочисному відділенні встановлено луцильники "Каскад" для інтенсивного луцення до 3–6%), 4 дрانی (В1–В4), 1 вимельну (Вr1), 2 ситовіяльні (Р1–Р2), 4 розмелювальні (М1–М4) та 1 сходову розмелювальну (С1) системи.

Перший процес – драний, який включає 4 системи.

В1/В2 – перша та друга дрانی системи першої якості (крупотворюючі системи) без проміжного просіювання (на 8-ми вальцьовому верстаті), призначені для отримання проміжних продуктів. Крупна крупка направляється на збагачення на першу ситовіяльну систему (Р1), середня та дрібна крупки – на другу ситовіяльну систему (Р2). Дунсти з перших двох драних систем одразу потрапляють на першу розмелювальну систему (М1/М2).

В3 – третя драна система першої якості, на якій утворюються середні та дрібні крупки, які разом з дунстами направляються на розмелювання на третю розмелювальну систему (М3).

В4 – четверта драна система вимелу, верхні сходи драних систем поступово передаються на наступну драчу систему, а верхній схід з останньої (В4) направляється на першу вимельну систему (Вr1) для вимелу ендосперму з оболонкових частинок та максимального відокремлення ендосперму у вигляді борошна від висівок. Дунсти вимелу з четвертої драної системи надходять на пересів на першу сходову розмелювальну систему (С1).

Для вибіркового подрібнення після первинного подрібнення застосовуються ситовіяльні машини (Р1, Р2) для збагачення продуктів першої якості з перших двох драних систем, що означає відокремлення оболонкових частинок від крупок та дунстів.

Розмелювальний процес передбачає подрібнення підготовлених крупок та дунстів до розміру, що відповідає крупності борошна, і включає 5

систем: 4 розмелювальні та 1 сходову розмелювальну систему. Розмелювальні системи безпосередньо розмелюють проміжні продукти, перетворюючи їх на борошно, тоді як сходові розмелювальні системи обробляють сходові продукти (верхні сходи) з попередніх розмелювальних і ситовіальних систем, зосереджуючи подрібнені периферичні частинки (зародок та оболонки).

Для запобігання потраплянню оболонкових частинок у борошно на сходових системах використовуються м'які режими подрібнення. За якістю системи поділені на: першу, другу та третю (M1/M2, M3) – системи першої якості; першу сходову (C1) – систему другої якості; та четверту розмелювальну (M4) – систему вимелу.

Особливістю запропонованої схеми є застосування восьмивальцевих верстатів не тільки на перших двох драних системах (B1/B2), а й на перших двох розмелювальних системах (M1/M2). Це дозволяє здійснювати розмелювання продуктів без їх проміжного просіювання у розсійниках, що забезпечує значну економію енергії. Зокрема, такий підхід сприяє зниженню енергоємності процесу помелу, оскільки зменшується потреба в пневмосортуванні великої кількості продуктів, які утворюються на основних системах драного та розмелювального процесів. Крім того, цей метод дозволяє оптимізувати площі приміщень, що використовуються для розміщення обладнання, і зменшити капітальні витрати на будівництво та облаштування нових площ. Використання восьмивальцевих верстатів на цих системах є ефективним саме з точки зору енергозбереження, оскільки саме на перших драних та розмелювальних системах спостерігається максимальна економія енергії. Таким чином, ця технологічна схема не лише підвищує ефективність виробничого процесу, але й забезпечує зниження витрат на енергію та будівельні роботи, що робить її вигідною в довгостроковій перспективі.

Крім того, у проекті передбачено використання ентолейтору-дисембратора на останній розмелювальній системі для основного подрібнення,

що дозволяє покращити ступінь подрібнення продуктів і знизити енергетичні витрати. Використання вальцьового верстату для подрібнення тонкоподрібнених висівок є технологічно та економічно недоцільним, оскільки вальці не забезпечують достатньо високого ступеня подрібнення для таких матеріалів, а також потребують значних енерговитрат. Ентолейтор-дисемблатор, на відміну від вальцьових верстатів, більш ефективно справляється з подрібненням висівок, знижуючи енергетичні витрати та підвищуючи продуктивність. Це дозволяє покращити кінцевий результат і зробити технологічний процес більш економічно вигідним.

Запропонована схема багатосортного сортового помелу характеризується скороченою структурою, що дозволяє спростити технологічний процес і зробити його більш ефективним. Завдяки використанню оптимізованої кількості обладнання та раціональному розподілу функцій між різними системами, ця схема зменшує капітальні витрати на будівництво та модернізацію виробничих потужностей. Зокрема, знижуються витрати на установку та обслуговування додаткових систем, що забезпечує економію ресурсів і зменшення загальних витрат на виробництво.

Крім того, ця схема є кращим варіантом за показником "вартість/якість", оскільки дозволяє досягти високої якості кінцевого продукту при менших інвестиціях у обладнання та енергоспоживання. Вона оптимізує використання матеріалів, скорочує потребу в додаткових етапах обробки та забезпечує високу ефективність при збереженні оптимальних параметрів помелу. В результаті, цей варіант є не тільки економічно вигідним, але й забезпечує високу продуктивність та знижує витрати на енергоспоживання, що робить його вигідним для промислових підприємств з точки зору довгострокових фінансових результатів.

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 [3], або, у випадку застосування удосконалених технологій, з урахуванням збільшення виходу основної готової продукції.

При переробці зерна пшениці спельти на заводі невеличкої продуктивності у сортове борошно 74 %-ного виходу при односортному помелі за скороченою структурою по аналогії з помелами [3], наведеними для звичайної пшениці, встановлюємо наступні базисні виходи:

- борошно типу Т600 – 58%;
- висівки – 14,1%;
- мучка – 3 %;
- лузга – 22 %;
- відходи I-II категорії (кормопродукти) – 2,2%;
- відходи III категорії (механічні втрати) – 0,7%.

В технологічній схемі підготовки зерна згідно з проектом запропоновано використання попереднього лущення, що дозволяє відокремити до 6% оболонки перед помелом, та інтенсифікувати режими подрібнення на вальцових верстатах драних систем.

Схема помелу скорочена:

- драний та розмелювальний процеси скорочені, при цьому на перших двох системах кожного процесу використовуються восьмивальцові верстати;
- ситовіальний процес скорочений,
- сортувальний та шліфувальний процеси відсутні.

Розрахунок кількісного балансу наведений у графічній частині.

5.6 Вибір, розрахунок та підбір технологічного обладнання розмелювального відділення

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

Необхідну кількість основного технологічного обладнання розмелювального відділення (вальцьові верстати, розсійники, ситовійки) визначають по системах на основі балансового навантаження з розрахованого кількісного балансу і нормативних питомих навантажень на зазначене технологічне обладнання по системах [62].

Нормативні питомі навантаження приймають з урахуванням марки та ефективності технологічного обладнання. Необхідну довжину вальцьової лінії, площу просіюючої поверхні, ширину приймального сита ситовіальних машин по кожній системі розраховують окремо. Фактичні значення цих показників і кількість технологічного обладнання приймають з урахування типорозмірів обладнання.

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

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

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

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

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

де q_f, q_f, q_b – фактичне середнє питоме навантаження на вальцюву лінію вальцювих верстатів, площу просіючої поверхні розсійників, ширину приймальних сит ситовіальних машин, відповідно;

L_f, F_f, B_f – загальна фактична довжина вальцювої лінії вальцювих верстатів, площа просіючої поверхні розсійників, ширина приймальних сит ситовіальних машин, відповідно.

Таблиця 5.7 – Розрахунок вальцювої лінії вальцювих 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		Прийнятий типорозмір вальцювого верстату	Марка обладнання	Кількість 1/2 вальцювих верстатів прийнята, шт.	Повна довжина вальців 1/2 вальцювого верстату на і-тої системі	Питоме навантаження на 1 мм довжини вальця на і-тої системі
			мін.	макс.	мін.	макс.					
B1/B2	72,1	51912	50	60	865	1038	2x2x1000/250	GDTV 250/1000	2	4000	26
B3	31,1	22392	40	50	448	560	2x1000/250	GTV 250/1000	1	1000	22
B4	14,5	10440	20	30	348	522	2x1000/250	GTV 250/1000	1	1000	10
M1/M2	30,5	21960	20	25	878	1098	2x2x1000/250	GDTV 250/1000	2	4000	11
M3	16,7	12024	25	30	401	481	2x1000/250	GTV 250/1000	1	1000	12
C1	5,9	4248	20	25	170	212	2x1000/250	GTV 250/1000	1	1000	4
M4	10,0	7200									
									8	12000	

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,		Кількість секцій розсіюнику на і-тої системі розрахункова, шт.		Прийнятний типорозмір розсіюнику	Марка обладнання	Кількість секцій прийнята, шт.	Площа просіючої 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/B2	72,1	51912	14	16,6	0,7	0,8	8x4,8	GKE 8/20 N	1	4,8	10,8
B3	31,1	22392	8,9	11,5	0,4	0,5	8x4,8	GKE 8/20 N	1	4,8	4,7
B4	14,5	10440	6,4	8,9	0,2	0,3	8x4,8	GKE 8/20 N	1	4,8	2,2
M1/M2	30,5	21960	7,4	9,6	0,5	0,6	8x4,8	GKE 8/20 N	1	4,8	4,6
M3	16,7	12024	6,4	8,5	0,3	0,4	8x4,8	GKE 8/20 N	1	4,8	2,5
C1	5,9	4248	5,3	6,4	0,1	0,2	8x4,8	GKE 8/20 N	1	4,8	0,9
M4	10,0	7200	4,3	5,3	0,3	0,3	8x4,8	GKE 8/20 N	1	4,8	1,5
F1/F2	61,2	44064	8,5	10,6	0,9	1,1	8x4,8	GKE 8/20 N	1	4,8	9,2
									8	38,4	

Таблиця 5.9 – Розрахунок ширини приймального сита ситовіальних машин

Система	Балансове навантаження, %	Балансове навантаження, кг/добу	Питоме навантаження на 1 погонний см ширини ситовіальної машини на і-тої системі нормативне, т/добу		Кількість секцій ситовіальної машини на і-тої системі розрахункова, шт		Прийнятний типорозмір ситовіальної машини	Марка обладнання	Кількість секцій прийнята, шт.	Ширина ситовіальної машини на і-тої системі прийнята, см	Питоме навантаження на 1 погонний см ширини ситовіальної машини на і-тої системі фактичне, т/добу
			мін.	макс.	мін.	макс.					
P1	6,0	4320	520	690	0,1	0,2	2x46	GIS 2/46/200	1	46	94
P2	8,0	5760	405	520	0,2	0,3	2x46	GIS 2/46/200	1	46	125
									2	92	

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
GIF 55	M4	10,0	0,6	1	0,6	1

Таблиця 5.11 – Розрахунок вимельних машин

Марка	Система	Балансове навантаження, %	Продуктивність секції, т/год	Продуктивність қм, т/год	К-ть розрахункова	К-ть прийнята
GKF 410	Br1	7,0	1,8	1,8	1	1

Кількість магнітних колонок обираємо виходячи з їх розташування у технологічному процесі – перед вальцьовими верстатами кожної системи,. Також враховуємо, 3 магнітні колонки для борошна та висівок.

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	GDTV 250/1000	2
Вальцьовий верстат	GTV 250/1000	2
Розсійник	GKE 8/20 N	1
Ситовіяльна машина	GIS 2/46/200	2
Вимельна машина	GKF 410	1
Ентолейтор	GIF 55	1
Магнітна колонка	GMB 100	11

Таблиця 5.13 – Технологічна характеристика розмелювального відділення

Показник	Фактичне значення	Нормоване значення
qL, kg/cm·24h	60,0	70-75
L, mm	12000	
L(B), mm	6000	
L(S+M+C), mm	6000	
L(B)/L(S+M+C)	1:1	
qF, kg/m ² ·24h	1875	1740-1860
F, m ²	33,6	
F(B+D), m ²	14,4	
F(S+M+C), m ²	19,2	
F(B+D)/F(S+M+C)	1:1,3	
F(control)	4,8	
qB, kg/cm·24h	783	500-600
B, cm	92	

5.7 Технохімічний контроль виробництва. Застосування системи НАССР

НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points) – це система аналізу ризиків та управління критичними контрольними точками, яка спрямована на забезпечення безпеки харчових продуктів шляхом визначення потенційних ризиків на різних етапах виробництва та впровадження спеціальних заходів контролю для їх мінімізації.

Існує два основних підходи до застосування НАССР: «НАССР для конкретного продукту» та «Загальна концепція НАССР». На практиці система НАССР найчастіше застосовується для окремих видів продукції. Водночас, загальний підхід є більш комплексним і використовується на підприємствах з великим асортиментом товарів. Повна концепція НАССР вже розроблена у вигляді різних моделей, що мають стати основою для стандартів безпеки харчових продуктів. Однак ці моделі потребують подальшого вдосконалення, як з боку урядових органів, так і з боку промислових підприємств, для досягнення максимальної ефективності.

НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points) є ключовим елементом для забезпечення безпеки харчових продуктів на всіх етапах виробничого процесу на харчових підприємствах. Ця система дозволяє своєчасно ідентифікувати, оцінювати та контролювати потенційні ризики для здоров'я споживачів, пов'язані з продуктами харчування. Впровадження НАССР на харчових підприємствах допомагає знижувати ймовірність забруднення сировини та кінцевої продукції різними шкідливими агентами, такими як патогенні мікроорганізми, хімічні речовини чи фізичні домішки.

Основні етапи впровадження НАССР на харчових підприємствах включають:

1. Ідентифікація потенційних небезпек: Це початковий етап, на якому визначають можливі фізичні, хімічні та біологічні ризики, що можуть виникнути на кожному етапі виробничого процесу, починаючи від приймання сировини і до упаковки готової продукції.

2. Визначення критичних контрольних точок (ККТ): Це ті етапи виробництва, на яких необхідно здійснювати контроль для запобігання або мінімізації ризиків.

3. Встановлення критичних меж для кожної ККТ: Для кожної контрольної точки визначаються допустимі межі, наприклад, температура нагрівання або рівень вологості. Ці межі повинні бути чітко встановлені для того, щоб забезпечити безпечність продукту.

4. Моніторинг ККТ: Для забезпечення контролю на критичних точках необхідно постійно проводити моніторинг, щоб у разі відхилення від встановлених меж вчасно вжити коригувальних заходів.

5. Коригувальні заходи: Якщо моніторинг показує, що на ККТ відбувається відхилення від встановлених норм, необхідно вжити відповідних заходів для повернення процесу в межі безпеки.

6. Ведення документації та реєстрація: Усі результати моніторингу та коригувальних дій повинні документуватися. Це допомагає забезпечити аудит та перевірку ефективності системи безпеки харчових продуктів.

7. Періодичний перегляд і вдосконалення системи НАССР: Оскільки технології та умови виробництва можуть змінюватися, систему НАССР потрібно регулярно переглядати і оновлювати, щоб вона залишалася ефективною.

Переваги впровадження НАССР на харчових підприємствах:

- Забезпечення безпеки харчових продуктів: НАССР допомагає знизити ризик забруднення продуктів, що може призвести до захворювань у споживачів.

- Зниження витрат: Виявлення і усунення проблем на ранніх етапах виробництва дозволяє значно знизити витрати на виправлення дефектів готової продукції.

- Поліпшення якості продукції: Система НАССР сприяє підвищенню стандартів якості продуктів, що є важливим фактором на конкурентному ринку.

- Виконання нормативних вимог: В багатьох країнах та на міжнародному рівні НАССР є обов'язковою вимогою для харчових підприємств, що виробляють і продають продукти на експорт.

- Покращення іміджу підприємства: Впровадження ефективної системи НАССР демонструє споживачам, що компанія дбає про їхнє здоров'я, що покращує репутацію бренду.

Використання НАССР є важливою складовою частиною систем управління якістю, зокрема в рамках ISO 22000 – міжнародного стандарту безпеки харчових продуктів. Це забезпечує підприємствам конкурентні переваги на глобальному ринку, дозволяючи їм відповідати вимогам споживачів та регулюючих органів.

5.8 Охорона праці

На борошномельних підприємствах особливу увагу слід приділяти створенню комфортних умов праці для персоналу, оскільки від цього безпосередньо залежить не тільки продуктивність, але й здоров'я працівників. Комфортні умови роботи забезпечуються за рахунок оптимальних значень факторів середовища, таких як температура, вологість, вентиляція, освітлення та рівень шуму. Ці умови повинні сприяти високій працездатності та доброму самопочуттю співробітників.

Одним з важливих аспектів є контроль за вмістом пилу в повітрі робочих приміщень. Зернообробні підприємства належать до II категорії вибухонебезпечних об'єктів, тому забезпечення безпечних умов праці, зокрема підтримання рівня пилу в межах ГДК (гранично допустимої концентрації), є пріоритетом. У робочих зонах допустима концентрація пилу не повинна перевищувати $6,0 \text{ мг/м}^3$, що вимагає впровадження ефективних систем вентиляції та пиловловлювання для зниження його рівня.

Шум і вібрація також є важливими факторами, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників. Основними джерелами шуму та вібрації є технологічне обладнання, що використовується для обробки та зберігання зерна. Згідно з нормативами, рівень шуму в робочих зонах не повинен перевищувати 80 дБА, а вібрації – $0,2 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$. Для мінімізації їхнього впливу на здоров'я персоналу обладнання, яке створює підвищений рівень шуму та вібрації, повинно розміщуватись в окремих приміщеннях або кабінах з ізоляцією від зовнішнього середовища. Також важливо забезпечити працівникам спеціальні засоби захисту, такі як навушники або гарнітури, для зменшення негативного впливу шуму на організм.

Належна організація освітлення на підприємстві має велике значення для покращення умов праці. Правильне освітлення не тільки покращує видимість, але й позитивно впливає на діяльність центральної нервової системи, знижуючи енерговитрати організму на виконання завдань. Це сприяє

підвищенню працездатності, зниженню втоми, а також зменшенню виробничого травматизму. Важливо забезпечити рівномірне розподілення світла по всій робочій зоні, щоб уникнути зайвих тіней, а також використовувати сучасні енергоефективні джерела світла для зниження витрат на електроенергію.

Загалом, створення комфортних умов праці на борошномельних підприємствах є невід'ємною частиною забезпечення безпеки працівників, підвищення їх ефективності та забезпечення високої якості виробленої продукції.

Вимоги безпеки щодо розташування та компонування виробничого обладнання.

Вимоги безпеки щодо розташування та компонування виробничого обладнання на підприємствах, зокрема на борошномельних, є важливим аспектом для забезпечення безпеки праці, ефективності виробничих процесів і зменшення ризиків виникнення аварій чи нещасних випадків. Основні вимоги включають:

1. Безпечні відстані між обладнанням. Між окремими одиницями обладнання повинні бути передбачені достатні відстані для зручного доступу до них під час обслуговування, ремонту, а також для забезпечення вільного проходження персоналу. Це дозволяє зменшити ризик травматизму та покращити організацію праці.

2. Забезпечення вентиляції і освітлення. Важливо передбачити правильне розташування вентиляційних систем для ефективного видалення шкідливих речовин, таких як пила, газ, пари, а також для забезпечення припливу свіжого повітря в приміщення з обладнанням. Вентиляція повинна бути спроектована таким чином, щоб не допускати накопичення пилу, особливо в вибухонебезпечних зонах. Правильне компонування освітлення є необхідним для забезпечення комфортних умов праці. Окрім загального освітлення, на робочих місцях повинно бути забезпечено локальне освіт-

лення, що відповідає нормам безпеки для виконання точних робіт. Використовуються енергоефективні джерела світла, щоб зменшити витрати на електроенергію.

3. Ізоляція та захист від шуму і вібрації. Обладнання, яке створює значний рівень шуму та вібрації, повинно бути розміщене в окремих приміщеннях або ізольованих зонах для зменшення їх впливу на працівників. Крім того, на таких ділянках необхідно використовувати засоби індивідуального захисту, такі як навушники або віброізоляційні подушки.

4. Електрична безпека. Всі електричні елементи обладнання повинні бути належним чином ізольовані, зокрема мають бути передбачені захисні пристрої, що унеможливають потрапляння вологи або пилу в електричні частини. Місця встановлення електричного обладнання повинні бути доступними для технічного обслуговування та ремонту, але водночас ізолювати ці елементи від інших зон, де можливий контакт з водою чи іншими небезпечними агентами. Необхідно також забезпечити наявність заземлення для всього обладнання, яке працює від електричних джерел.

5. Протипожежна безпека. Всі виробничі приміщення повинні бути оснащені сучасними засобами протипожежної безпеки. Обладнання, яке може стати джерелом займання, повинно бути розташоване в зонах, де є можливість швидкого доступу до засобів пожежогасіння. Для запобігання накопиченню горючих матеріалів (пилу, пари) у повітрі важливо встановлювати системи автоматичного виявлення та гасіння пожеж. Приміщення повинні бути забезпечені аварійними виходами, які забезпечують швидкий і безпечний вихід у разі надзвичайної ситуації.

6. Контроль і автоматизація. У сучасних виробничих лініях важливо впроваджувати автоматизацію процесів контролю для зменшення людського фактора і підвищення безпеки. Зокрема, повинні бути встановлені системи моніторингу, які автоматично фіксують несправності обладнання і сигналізують про небезпеку.

7. Евакуація. Важливо забезпечити правильне розташування обладнання, щоб мінімізувати ризик механічних травм під час руху персоналу. Проходи між обладнанням повинні бути достатніми для вільного переміщення працівників і транспортних засобів, якщо це необхідно. Обладнання не повинно перекривати аварійні виходи чи шляхи евакуації. Також мають бути передбачені вільні простори для розташування робочих місць і обладнання для обслуговування. Для швидкого інформування персоналу про необхідність евакуації повинна бути встановлена система автоматичного оповіщення. Це можуть бути сирени, голосові повідомлення або світлові сигнали, які чітко вказують на тип небезпеки (наприклад, пожежа, витік газу, вибух). На підприємстві повинен бути розроблений і затверджений план евакуації, який чітко визначає маршрути евакуації, місця збору персоналу та порядок дій у разі надзвичайної ситуації. План повинен бути розміщений в доступних для працівників місцях (на інформаційних стендах, біля виходів тощо). Важливо, щоб персонал був ознайомлений з планом евакуації і пройшов тренування щодо його виконання. Це дозволяє зменшити час евакуації та знизити ризик паніки серед працівників.

Загалом, правильне розташування та компонування виробничого обладнання на підприємстві сприяє забезпеченню безпечних і комфортних умов праці, підвищенню ефективності виробничого процесу та запобіганню нещасним випадкам.

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: $0,3 \times 70 = 21$ співробітників.

Визначаємо фонд оплати праці (ФОП) працюючих за формулою:

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

де Чосіб – чисельність працівників (Чосіб = 21);

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

N – число місяців роботи (N = 12).

$$\text{ФОП} = 21 \times 13500 \times 12 / 1000 = 3402 \text{ тис. грн.}$$

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.747-03.IV.33.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Рибчинська Є.Р.			Розділ 6	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волошенко О.С.					82	
Консультант		Басюркіна Н.Й						
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						
						ОНТУ		

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

$$\text{ФОПосн} = 3402 \times 0,7 = 2381 \text{ тис. грн.}$$

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

$$\text{ПП} = \text{РП} / \text{Чосіб} = 212568 / 21 = 10122 \text{ тис. грн.}$$

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 [63];

$K_{тр}$ – 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:

$$C_{пп} = 13200 \text{ грн.}$$

$$C_z = 13200 - 0,2 \times 13200 = 10560 \text{ грн;}$$

$$V_z = 10560 \times 1,05 \times 13720 / 1000 = 152127 \text{ тис. грн.}$$

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:

$$V_{доп} = V_z \times K_{доп} = 152157 \times 0,05 = 7606 \text{ тис. грн.}$$

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 урахуванням цілодобової роботи підприємства, приймаємо 4,32 грн за 1 кВт/год;

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

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

$$\text{Вел} = 4,32 \times 55 \times 13720 / 1000 = 3260 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на воду (Ввод) визначаються за формулою:

$$\text{Ввод} = (\text{Тв.п.} + \text{Кв} \times \text{Тв.в.}) \times \text{Нв} \times \text{Vз.вл} / 1000$$

де Тв.п – тариф за водопостачання, грн за 1 м³. Приймаємо 23,0 грн за 1 м³;

Тв.в – тариф за водовідведення, грн за 1 м³. Приймаємо 23,0 грн за 1 м³;

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

Нв – норма питомих витрат води на 1 т зерна, м³/т. В залежності від прогнозованого ступеню зволоження, приймаємо Нв = 4,0 м³/т;

Vз.вл – річний обсяг переробки зерна власних ресурсів, т (табл. 2.1).

$$\text{Ввод} = (23,0 + 23,0 \times 0,1) \times 4,0 \times 13720 / 1000 = 1325 \text{ тис. грн.}$$

$$\text{Врес} = \text{Вел} + \text{Ввод} = 3260 + 1325 = 4585 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на заробітну платню та соціальні заходи (Впрац) включають витрати на основну і додаткову заробітну плату (ФОПосн), а також витрати на соціальні заходи (Всоц).

$$\text{Впрац} = \text{ФОПосн} + \text{Всоц.}$$

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

$$\text{ФОПосн} = \text{ФОП} \times \text{Косн}$$

де ФОП – річний фонд оплати праці виробничих робітників, тис. грн;

Косн – коефіцієнт від загального ФОП, %. Приймаємо Косн = 0,70.

$$\text{ФОПосн} = 3402 \times 0,70 = 2381 \text{ тис. грн.}$$

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

Витрати (відрахування) на соціальні заходи (Всоц) визначають за встановленими процентами від величини фонду оплати праці основних виробничих працівників за формулою:

$$\text{Всоц} = \text{ФОПосн} \times \text{Ксоц} / 100$$

де Ксоц – відсоток відрахувань, Ксоц = 22 %.

$$\text{Всоц} = 2381 \times 0,22 = 524 \text{ тис. грн.}$$

$$\text{Впрац} = 2381 + 524 = 2905 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на амортизацію обладнання та будівлі (Аовф) включають амортизаційні відрахування на основні виробничі фонди – обладнання (Аобл) та будівлю – (Абуд).

$$\text{Аовф} = \text{Аобл} + \text{Абуд.}$$

Витрати на амортизацію обладнання (Аобл) визначають за формулою:

$$\text{Аобл} = \text{Іовф} \times \text{Кобл} \times \text{На.обл}$$

де Іовф – інвестиції у основні виробничі фонди, тис. грн. (розділ 2.3);

Кобл – відсоток інвестицій у основні виробничі фонди на виробниче обладнання. Приймаємо 0,60;

На.обл – норма амортизаційних відрахувань на виробниче обладнання, %. На.обл = 0,20.

$$\text{Аобл} = 38500 \times 0,60 \times 0,20 = 4620 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на амортизацію будівлі (Абуд) визначають за формулою:

$$\text{Абуд} = \text{Іовф} \times \text{Кбуд} \times \text{На.буд}$$

де Іовф – інвестиції у основні виробничі фонди, тис. грн. (розділ 2.3);

Кбуд – відсоток інвестицій у основні виробничі фонди на будівлю. Приймаємо 0,40;

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

$$\text{Абуд} = 38500 \times 0,40 \times 0,05 = 770 \text{ тис. грн.}$$

$$\text{Аовф} = 4620 + 770 = 5390 \text{ тис. грн.}$$

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

$$V_{\text{пр}} = 0,1 \times (V_{\text{доп}} + V_{\text{рес}} + V_{\text{прац}} + A_{\text{овф}})$$

$$V_{\text{пр}} = 0,1 \times (7606 + 4585 + 2905 + 5930) = 2049 \text{ тис. грн.}$$

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

$$V_{\text{заг}} = 0,3 \times (V_{\text{доп}} + V_{\text{рес}} + V_{\text{прац}} + A_{\text{овф}})$$

$$V_{\text{заг}} = 0,3 \times (7606 + 4585 + 2905 + 5930) = 6146 \text{ тис. грн.}$$

ТАКИМ ЧИНОМ:

Інші витрати (Він) складають:

$$V_{\text{ін}} = V_{\text{рес}} + V_{\text{прац}} + A_{\text{овф}} + V_{\text{пр}} + V_{\text{заг}}$$

$$V_{\text{ін}} = 4585 + 2905 + 5930 + 2049 + 6146 = 21075 \text{ тис. грн.}$$

Виробнича собівартість продукції (Свир) визначається за формулою:

$$S_{\text{вир}} = V_{\text{з}} + V_{\text{доп}} + V_{\text{ін}}$$

$$S_{\text{вир}} = 152127 + 7606 + 21075 = 180809 \text{ тис. грн.}$$

Повна собівартість продукції (Спов) визначається за формулою:

$$S_{\text{пов}} = S_{\text{вир}} + V_{\text{адм}} + V_{\text{збут}} + V_{\text{іод}} + V_{\text{кр}}$$

де $V_{\text{адм}}$ – адміністративні витрати;

$V_{\text{збут}}$ – витрати на збут;

$V_{\text{іод}}$ – інші витрати основної діяльності.

Визначаються у процентах від виробничої собівартості без витрат на сировину та допоміжні матеріали ($V_{\text{ін}}$). Відповідно, проценти по цим витратам складають 10, 5, 10 %.

$$V_{\text{адм}} = 0,10 \times 21075 = 2108 \text{ тис. грн.}$$

$$V_{\text{збут}} = 0,05 \times 21075 = 1054 \text{ тис. грн.}$$

$$V_{\text{іод}} = 0,10 \times 21075 = 2108 \text{ тис. грн.}$$

$V_{\text{кр}}$ – проценти за кредит. Приймаємо процентну ставку від кредиту ($I_{\text{кр}}$, розділ 2.4) у розмірі 24%.

$$V_{\text{кр}} = 0,24 \times I_{\text{кр}} = 0,24 \times 44818 = 10756 \text{ тис. грн.}$$

ТАКИМ ЧИНОМ:

$$S_{\text{пов}} = S_{\text{вир}} + V_{\text{адм}} + V_{\text{збут}} + V_{\text{іод}} + V_{\text{кр}}$$

$$\text{Спов} = 180809 + 2108 + 1054 + 2108 + 10756 = 196834 \text{ тис. грн.}$$

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

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

$$\text{Векс} = 196834 - 5390 - 10756 = 180688 \text{ тис. грн.}$$

Результати розрахунків за статтями зведені у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Зведені витрати на виробництво продукції

Статті витрат	Сума витрат, тис. грн
Витрати на сировину і основні матеріали	152 127
Витрати на допоміжні матеріали	7 606
Витрати на ресурси	4 585
Витрати на заробітну платню та соціальні заходи	2 905
Витрати на амортизацію обладнання та будівлі	5 390
Витрати прями інші	2 049
Витрати загальновиробничі	6 146
ВИРОБНИЧА СОБІВАРТІСТЬ	180 809
у т.ч. без витрат на сировину та допоміжні матеріали	21 075
Адміністративні витрати	2 108
Витрати на збут	1 054
Інші витрати виробничої діяльності	2 108
Відсотки за кредит	10 756
ПОВНА СОБІВАРТІСТЬ	196 834
у т.ч. експлуатаційні витрати	180 688

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

$$\text{П} = \text{РП} - \text{Спов}$$

$$\text{П} = 212568 - 196834 = 15734 \text{ тис. грн.}$$

Рентабельність продукції (Рпр) визначають за формулою:

$$\text{Рпр} = \text{П} / \text{Спов} \times 100\%$$

$$\text{Рпр} = 15734 / 196834 \times 100\% = 8,0 \%$$

Чистий прибуток (ЧП) в результаті реалізації проекту:

$$\text{ЧП} = \text{П} - \text{П} \times 0,18$$

де 0,18 – відсоткова ставка податку на прибуток.

$$\text{ЧП} = 15734 - 15734 \times 0,18 = 12902 \text{ тис. грн.}$$

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 $I / \text{ЧП}$.

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

Для кредитування інвестицій приймаються такі умови:

1) Процентна ставка по кредиту 25% у рік.

2) На погашення кредиту використовуються усі вільні кошти.

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

$$T = I / \text{ЧП} = 59757 / 12902 = 4,6 \text{ років.}$$

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	212 568	212 568	212 568	212 568
Амортизаційні відрахування	Аовф	5 390	5 390	5 390	5 390
Експлуатаційні витрати	Векс	180 688	180 688	180 688	180 688
Виплати процентів за кредит	Вкр і	11 204	6 723	1 324	0
Балансовий прибуток (з урахуванням сплати процентів за кредит)	П і	15 286	19 767	25 167	26 490
Податок на прибуток	Ст	2 751	3 558	4 530	4 768
Чистий прибуток	ЧП і	12 534	16 209	20 637	21 722
Чистий прибуток, що залишається на підприємстві	ЧПзал і	0	0	20 732	21 722
Вільні грошові кошти	ВГК і	17 924	21 599	26 027	27 112

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	44 818	26 893	5 294
Погашення кредиту	Впог і	17 924	21 599	5 294
Борг на кінець року	Бкін і	26 893	5 294	0
Проценти за кредит	Вкр і	11 204	6 723	1 324

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

Амортизаційні відрахування (Аовф) та експлуатаційні витрати (Векс) у кожному році однакові, приймаються з попередніх розрахунків (розділ 6.4).

Виплати процентів ($V_{кр\ i}$) 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:

$$\Pi_i = \Delta РП - A_{овф} - Векс - V_{кр\ i}$$

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 ($ВГК\ i$) визначаються за формулою:

$$ВГК\ i = A_{овф} + ЧП\ i.$$

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 ($ВГК\ i$) та боргом на початок року ($Б_{поч\ i}$). Якщо $ВГК\ i < Б_{поч\ i}$ – то $ЧП_{зал\ i} = 0$.

Борг на початок року ($Б_{поч\ i}$) 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:

$$Б_{поч\ i} = Б_{кін\ i-1}$$

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

$$В_{пог\ i} = ВГК\ i \quad - \text{при } ВГК\ i < Б_{поч\ i}$$

$$В_{пог\ i} = Б_{кін\ i-1} \quad - \text{при } ВГК\ i > Б_{поч\ i}$$

Борг на кінець року (Бкін і) – це різниця між боргом на початок року (Бпоч і) та сумою на погашення кредиту (Впог і). Якщо протягом року борг виплачений, то Бкін цього року дорівнює 0.

$$\text{Бкін } i = \text{Бпоч } i - \text{Впог } i - \text{при ВГК } i < \text{Бпоч } i$$

$$\text{Бкін } i = 0 \quad - \text{при ВГК } i > \text{Бпоч } i$$

Виплати процентів за кредит (Вкр і) розраховуються виходячи прийнятої процентної ставки по кредиту 25% у рік. З кожним роком вони зменшуються внаслідок повернення частки кредиту. Розраховуються за формулою:

$$\text{Вкр } i = 0,25 \times \text{Бпоч } i$$

Термін повернення кредиту (Ткр) розраховується за формулою:

$$\text{Ткр} = \text{Т}_{i-1} + \text{Бпоч } i / \text{ВГК } i.$$

$$\text{Ткр} = 3 + 5294 / 26027 = 3,2 \text{ років.}$$

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	59 757	44 567	29 028	13 158
Вільні кошти (приріст чистого прибутку та приріст амортизації), тис. грн	ВГК i	17 924	21 599	26 027	27 112
Дисконтована величина вільних грошових коштів, тис. грн	ВГКd i	15 190	15 539	15 870	13 975
Чиста приведена вартість проекту, тис. грн	ЧПВ i	-44 567	-29 028	-13 158	817

Коефіцієнт дисконтування по роках (Kd i) визначається за формулою:

$$\text{Kd } i = (1 + d)^i$$

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:

$$I_i = - \text{ЧПВ } i-1.$$

Вільні грошові кошти (ВГК i) розраховані у табл. 6.2.

Дисконтована величина вільних грошових коштів визначається за формулою:

$$\text{ВГК}d_i = \text{ВГК } i / Kd_i$$

Чисту приведену вартість проекту (ЧПВ i) по роках розраховують за формулою:

$$\text{ЧПВ } i = I_i - \text{ВГК}d_i$$

Розрахунок ведуть поки ЧПВ i не буде позитивною величиною.

Чиста приведена вартість інвестиційного проекту на кінець 4-го року складає 817 тис. грн.

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

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

$$\text{Ток} = 3 + 13158 / 13975 = 3,9 \text{ років.}$$

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	70
2. Річний обсяг переробки зерна власних ресурсів	т / рік	13 720
3. Обсяг продажів (реалізації)	тис. грн	212 568
4. Виробництво готової продукції з власних ресурсів (борошно)	т	10 702
5. Повна собівартість	тис. грн	196 834
6. Прибуток	тис. грн	15 734
в т.ч. чистий прибуток	тис. грн	12 902
7. Чисельність працівників	осіб	21
8. Фонд оплати праці	тис. грн	3 402
9. Середньомісячна заробітна плата	грн	13 500
10. Продуктивність праці	тис. грн / особу	10 122
11. Рентабельність продукції	%	8,0
12. Інвестиції	тис. грн	59 757
в т.ч. в основні виробничі фонди	тис. грн	38 500
в оборотні кошти	тис. грн	21 257
13. Інвестиції інвестора	тис. грн	14 939
14. Інвестиції за рахунок кредиту	тис. грн	44 818
15. Термін повернення кредиту	років	3,2
16. Термін окупності інвестицій	років	3,9
17. Чиста приведена вартість проекту за 4 роки	тис. грн	817

6.6 Висновки

Інвестиційний проект виробництва борошна на новому млинзаводі з переробки зерна пшениці є доцільним, ефективним та інвестиційно привабливим. Очікуваний прибуток складає 15734 тис. грн на рік.

Для реалізації проекту необхідно інвестиції у розмірі 59757 тис. грн – 25% за рахунок власних коштів, 75% – за рахунок кредиту. Термін повернення кредиту – 3,2 років, термін окупності інвестицій – 3,9 років, чиста приведена вартість проекту на кінець 4 року дорівнюватиме 817 тис. грн.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У результаті роботи розроблено технологію з переробки спельти у борошно тип Т600 продуктивністю 70 т/годину та обґрунтовано застосування спельтового борошна як коректора технологічних властивостей пшеничного борошна.

- 1) Проведено порівняльну оцінку показників якості пшеничного і спельтового борошна. Встановлено:

Спельтове борошно має кращу біологічну цінність, так як містить більше білка (до 15-17% проти 10-12% у пшеничному борошні), багатше на клітковину, магній, залізо, цинк і вітаміни групи В. Крім того, спельтове борошно має нижчий глікемічний індекс, що сприяє стабільному рівню цукру в крові. Її білок легше засвоюється завдяки особливій структурі глютену, що робить її придатною для людей із підвищеною чутливістю до пшениці (але не для тих, хто має целиацію). Також у спельтовій муці більше антиоксидантів, таких як селен, що сприяє зміцненню імунної системи.

Спельтове борошно має нижчу вологість, що забезпечує його кращу стійкість до псування. Зольність спельти вища (0,59% проти 0,52%), через що білість трохи нижча (56,5 од. проти 58,7 од.). У спельтовому борошні хоча і більш високий вміст білка (13,8% проти 10,8%) та клейковини (34,5% проти 25,2%), але якість білків слабша: ІДК (90 од. проти 60 од.), менше значення індексу Зелені (18 мл проти 36 мл).

За показником сили борошна (W) пшеничне борошно має значення 190×10^{-4} Дж, що свідчить про його середню силу та придатність для виробництва хлібобулочних виробів. Спельтове борошно має значно нижчий показник W — 136×10^{-4} Дж, що вказує на слабшу структуру тіста.

					КРМ.ТЗПХіКВ.1.747-03.IV.33.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Рибчинська Є.Р.			ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волошенко О.С.					96	
Консультант						ОНТУ		
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.						

За показником співвідношення пружності до розтяжності (P/L) пшеничне борошно має значення 2,04 (P = 100 мм, L = 49 мм), що свідчить про високу пружність і низьку розтяжність тіста, яке обмежує здатність до розтягування. Натомість у спельтового борошна P/L становить лише 0,44 (P = 48 мм, L = 109 мм), що демонструє низьку пружність, але високу розтяжність тіста, яке є більш текучим і менш здатним утримувати форму.

Спельтове борошно має нижчі значення всіх показників водозв'язуючої здатності за методом SRC порівняно з пшеничним борошном, а також гірший на 0,10 показник GPI, що призводить до зниження механічної міцності тіста, підвищення його текучості, та сприяє розвитку його надмірної липкості.

Змішування спельтового і пшеничного борошна у співвідношенні 70:30 дозволяє покращити технологічні властивості пшеничного борошна з невисоким значенням вмісту клейковини пружної за якістю. Випечений хліб має в 1,06 разів більше об'єм, на 2 % більш високу пористість та кращу бакову оцінку.

- 2) Проведено огляд стандартів та встановлено основні вимоги до якості сировини та готової продукції. Окремого стандарту на зерно спельти та спельтове борошно не існує. 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 типу Т600 з використанням обладнання Genс та ОЛІС для заводу продуктивністю 70 т/доб.

У зерноочисному відділенні передбачено застосування попереднього луцення зерна, що дозволяє стабілізувати технологічні показники зерна та інтенсифікувати режими подрібнення, що при скороченій схемі помелу дозволяє отримати високий загальний вихід сортового борошна.

У розмелювальному відділенні схема помелу включає 4 драних (В1–В4), 1 вимельну (Вr1), 2 ситовіальних (Р1–Р2), 4 розмелювальних (М1–М4) та 1 сходову розмелювальну (С1) систему.

- 4) Проведено розрахунок кількісного балансу переробки зерна пшениці у борошно односортного помелу, на підставі якого проведений розрахунок кількості технологічного обладнання та бункерів для зерна та готової продукції.

За даною сучасною технологією запропоновано такий вихід продукції: борошно типу Т600 – 58%; висівки – 14,1%; мучка – 3 %; лузга – 22 %; 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 15734 тис. грн на рік.

Для реалізації проекту необхідно інвестиції у розмірі 59757 тис. грн – 25% за рахунок власних коштів, 75% – за рахунок кредиту. Термін повернення кредиту – 3,2 років, термін окупності інвестицій – 3,9 років, чиста приведена вартість проекту на кінець 4 року дорівнюватиме 817 тис. грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Скільки зібрали пшениці в Україні в 2023 р. по областях. <https://superagronom.com/multimedia/infographics/79-skilki-zibrali-pshenitsi-v-ukrayini-v-2023-r-po-oblastyam>
2. Zhygunov D, Barkovska Y, Yehorshyn Y, Zhyhunova H, Barikian K. Wheat-Spelt Flour of Type 600 With Improving Bakery Properties. *Food Science and Technology*. 2020;14(1): 53–62. <https://doi.org/10.15673/fst.v14i1.1646>.
3. ПРАВИЛА. організації та ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. Київ: КІХ та ДАК; 1998.
4. Khan K, Shewry PR. Wheat: Chemistry and Technology. *St. Paul, Minnesota: AACCI International*; 2009. 467.
5. Kiszonas AM, Morris CF. Wheat breeding for quality: A historical review. *Cereal Chemistry*. 2018;95(1): 17–34. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-05-17-0103-FI>.
6. Sissons M, Abecassis J, Marchylo B, Carcea M. Durum Wheat. Chemistry and Technology. *St. Paul, Minnesota, USA: AACCI International*; 2011. 300. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02539.x>.
7. Господаренко ГМ, Костогриз ПВ, Любич ВВ, Парій МФ, Полторецький СП, Полянецька Ю, et al. Пшениця Спельта. Київ: СІК ГРУП УКРАЇНА; 2016. 312.
8. Diordiieva IP, Riabovol IS, Riabovol LO, Babii MM, Fedorenko S V., Serzhuk OP, et al. Breeding and genetic improvement of spelt wheat (*Triticum spelta*) by interspecific hybridization. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2024;15(3): 463–468. <https://doi.org/10.15421/022465>.
9. Đuričin S, Gregoric E, Savić S, Matović G, Jovanović O. Profitability of Organic Farming of Spelt in the Climate Conditions of Serbia. *Economics of Agriculture*. 2024;71(1): 99–119. <https://doi.org/10.59267/ekopolj240199d>.

10. Warechowska M, Warechowski J, Skibniewska K, Siemianowska E, Tyburski J, Aljewicz M. Environmental factors influence milling and physical properties and flour size distribution of organic spelt wheat. *Technical Sciences / University of Warmia and Mazury in Olsztyn*. 2016;19(4): 387–399.
11. Kohajdová Z, Karovičová J. Nutritional Value and Baking Applications of Spelt Wheat. *ACTA Acta Sci. Pol., Technol. Aliment*. 2008;7(3): 5–14.
12. Ruibal-Mendieta NL, Delacroix DL, Mignolet E, Pycke JM, Marques C, Rozenberg R, et al. Spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) as a source of breadmaking flours and bran naturally enriched in oleic acid and minerals but not phytic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005;53(7): 2751–2759. <https://doi.org/10.1021/jf048506e>.
13. Marques C, D'auria L, Cani PD, Baccelli C, Rozenberg R, Ruibal-Mendieta NL, et al. Comparison of glycemic index of spelt and wheat bread in human volunteers. *Food Chemistry*. 2007;100(3): 1265–1271. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.003>.
14. Wang J, Chatzidimitriou E, Wood L, Hasanalieva G, Iversen PO, Seal C, et al. Effect of wheat species (*Triticum aestivum* vs *T. spelta*), farming system (organic vs conventional) and flour type (wholegrain vs white) on composition of wheat flour – results of a retail survey in the UK and Germany - 2. Antioxidant activity, and phenoli. *Food chemistry*. 2020; in print. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fochx.2020.100091>.
15. Корхова ММ. Продуктивність сортів пшениці спельти озимої в південному степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019;4(104): 30–37. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4\(104\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4(104)).
16. Zhygunov D, Sots S, Barkovska Y, Liu J, Wang F, Liu X, et al. Comparison of technological properties of different wheat species. *Food Science and Technology*. 2022;16(1): 58–70. <https://doi.org/10.15673/fst.v16i1.2294>.
17. Миколенко СЮ, Омельченко МЮ. Використання диспергованого зерна спельти для виробництва хліба. *Вісник аграрної науки*

- Причорномор'я*. 2020;1(105): 110–120. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-1\(105\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-1(105)).
18. Suvorova KY, Leonov OY, Usova Z V., Khukhrianska MM, Kryshchyna N. A, Bohuslavskiy RL. Characteristics of winter spelt wheat (*Triticum spelta* L.) breeding lines in the eastern forest-steppe of Ukraine. *Plant Breeding and Seed Production*. 2023;(123): 48–56. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2023.283648>.
 19. Рибалка ОІ, Поліщук СС, Червоніс МВ, Моргун ВВ, Моргун БВ. Унікальна пшениця спельта (*triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) з темно-фіолетовим зерном. *Фізіологія рослин і генетика*. 2024;56(5): 419–430.
 20. Pasha I, Anjum FM, Butt MS. Biochemical characterization of spring wheats in relation to grain hardness. *International Journal of Food Properties*. 2009;12(4): 910–928. <https://doi.org/10.1080/10942910802123281>.
 21. Glenn GM, Saunders RM. Physical and Structural Properties of Wheat Endosperm Associated with Grain Texture. *Cereal Chemistry*. 1990;67(2): 176–182.
 22. Jankovic S, Ikanovic J, Popovic V, Rakic S, Pavlovic S, Ugrenovic V, et al. Morphological and productive traits of spelt wheat - *Triticum spelta* L. *Agriculture & Forestry*. 2015;61(2): 173–182. <https://doi.org/10.17707/agricultforest.61.2.15>.
 23. Hemery Y, Chaurand M, Holopainen U, Lampi AM, Lehtinen P, Piironen V, et al. Potential of dry fractionation of wheat bran for the development of food ingredients, part I: Influence of ultra-fine grinding. *Journal of Cereal Science*. 2011;53(1): 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.09.005>.
 24. Jensen SA, Martens H. The Botanical Constituents of Wheat and Wheat Milling Fractions. II. Quantification by Amino Acids. *Cereal Chemistry*. 1982.p.172–177. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0731708513005530>
 25. Hemdane S, Jacobs PJ, Dornez E, Verspreet J, Delcour JA, Courtin CM.

- Wheat (*Triticum aestivum* L.) Bran in Bread Making: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2016;15(1): 28–42. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12176>.
26. Zhygunov D, Sots S, Barkovska Y, Liu J, Wang F, Liu X, et al. Influence of grain quality indicators on the flour quality indicators at the laboratory milling. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2022;22(1): 17–29. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v22i1.2343>.
 27. M. Y. Kamatar, Brunda S. M, Sanjeevsingh Rajaput, H. H. Sowmya, Giridhar Goudar, Ramaling Hundekar. Nutritional Composition of Seventy five Elite Germplasm of Foxtail Millet (*Setaria Italica*). *International Journal of Engineering Research and*. 2015;V4(04): 1–6. <https://doi.org/10.17577/ijertv4is040075>.
 28. Igrejas G, Ikeda TM, Guzmán C. High Throughput Testing of Key Wheat Quality Traits in Hard Red Spring Wheat Breeding Programs. 2020. 1–557. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-34163-3>.
 29. Rosentrater KA, Evers AD. Kent's technology of cereals. *Elsevier: Woodhead Publishing*; 2018. 900.
 30. Мерко ІТ, Моргун ВО. Наукові основи і технологія переробки зерна. *Одеса: Друк*; 2001. 348.
 31. Sugden D. Break and Reduction systems in flour mills. *World Grain*. 1998; 24–30, 37–40.
 32. Sacak-Pietrzak G, Sułek A, Wyzin'ska M. Evaluation the baking value of passage flours. *Research for Rural Development*. 2019;2(May): 36–42. <https://doi.org/10.22616/rrd.25.2019.046>.
 33. Писарець ОП, Бела НІ. Дослідження якості спельтового борошна вищого сорту і цільнозернового. *Young Scientist*. 2019;70(6): 23–26.
 34. Кравченко М, Романовська О, Марусяк Т. Реологічні властивості бісквітного тіста з борошном зі спельти. *Товари і ринки*. 2021;(2): 94–102.
 35. Di Renzo T, Cascone G, Crescente G, Reale A, Menga V, D'Apolito M, et

- al. Ancient Grain Flours with Different Degrees of Sifting: Advances in Knowledge of Nutritional, Technological, and Microbiological Aspects. *Foods*. 2023;12(22). <https://doi.org/10.3390/foods12224096>.
36. Huertas-García AB, Guzmán C, Ibba MI, Rakszegi M, Sillero JC, Alvarez J. Processing and Bread-Making Quality Profile of Spanish Spelt Wheat. *Foods*. 2023;12: 2996. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12162996>.
37. KOHAJDOVÁ Z, KAROVIČOVÁ J. EFFECT OF INCORPORATION OF SPELT FLOUR ON THE DOUGH PROPERTIES AND WHEAT BREAD QUALITY. *Zywnosc Nauka Technologia Jakosc (Poland)*. 2007;14(4): 9.
38. Kandić V, Nikolić V, Simić M, Žilić S, Stevanović M, Mandić D, et al. Spelt wheat (*Triticum spelta*) and common bread wheat compared for nutritional contents and functional-technological properties. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2023;83(2): 146–158. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392023000200146>.
39. Tobolková B, Polovka M, Suhaj M, Kajdi F, Bitterová M. A comparative study of quality and colour characteristics of organically and conventionally produced spelt flours by means of UV-Vis reflectance spectroscopy and multivariate analysis. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2023;62(3): 212–223.
40. Belcar J, Sobczyk A, Sekutowski TR, Stankowski S, Gorzelany J. Evaluation of Flours from Ancient Varieties of Wheat (Einkorn, Emmer, Spelt) used in Production of Bread. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*. 2021;25(1): 53–66. <https://doi.org/10.2478/aucft-2021-0005>.
41. Huertas-García AB, Tabbita F, Alvarez JB, Sillero JC, Ibba MI, Rakszegi M, et al. Genetic Variability for Grain Components Related to Nutritional Quality in Spelt and Common Wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2023;71(28): 10598–10606. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c02365>.

42. Lovegrove A, Dunn J, Pellny TK, Hood J, Burridge AJ, America AHP, et al. Comparative Compositions of Grain of Bread Wheat, Emmer and Spelt Grown with Different Levels of Nitrogen Fertilisation. *Foods*. 2023;12(4). <https://doi.org/10.3390/foods12040843>.
43. Golea MC, Şandru MD, Codină GG. Mineral composition of flours produced from modern and ancient wheat varieties cultivated in Romania. *Ukrainian Food Journal*. 2022;11(1): 78–89. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2022-11-1-9>.
44. Wang J, Chatzidimitriou E, Wood L, Hasanalieva G, Markelou E, Iversen PO, et al. Effect of wheat species (*Triticum aestivum* vs *T. spelta*), farming system (organic vs conventional) and flour type (wholegrain vs white) on composition of wheat flour – Results of a retail survey in the UK and Germany – 2. Antioxidant activity, and phenolic and mineral content. *Food Chemistry: X*. 2020;6(November 2019): 100091. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2020.100091>.
45. Sinkovič L, Tóth V, Rakszegi M, Pipan B. Elemental composition and nutritional characteristics of spelt flours and wholemeals. *Journal of Elementology*. 2023;28(1): 27–39.
46. Islam Z, Alam MN, Rahman MM, Islam MZ. Nutritional Values of Wheat and the Roles and Functions of Its Compositions in Health. *Preprints*. 2024; 1–17. <https://doi.org/10.20944/preprints202409.0710.v1>.
47. Kóczán-Manninger K, Badak-Kerti K. Investigations into Flour Mixes of *Triticum Monococcum* and *Triticum Spelta*. *Hungarian Journal of Industry and Chemistry*. 2019;46(2): 63–66. <https://doi.org/10.1515/hjic-2018-0020>.
48. КАТАЛОГ НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ ТА КОДЕКСІВ УСТАЛЕНОЇ ПРАКТИКИ. <http://katalog.uas.org.ua>
49. 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.* <https://oldiplus.ua/agrarnye-nauki/tehnologiya-ta-ocinka-yakosti->

zernovyh-produktiv/

50. Жигунов Д. Комплексний функціональний аналіз борошна. *Світ продуктів*. 2022;(2): 18–20.
51. Жигунов ДО, Ковальова ВП, Жиронкіна ДС. 001. Аналіз Якості Борошна З Різних Регіонів України. *Наукові праці ОНАХТ*. 2017;81(2): 35–43.
52. Wojnańska T, Šmítalová J, Vollmannová A. Effect of the addition of hydrocolloids on the rheological and baking properties of the products with added spelt flour (*Triticum spelta* L.). *Potravinárstvo*. 2016;10(1): 157–163. <https://doi.org/10.5219/555>.
53. Оносова ІА. Особливості визначення показників клейковини зерна пшениці різними методами. *Товарознавство та інновації*. 2012;(4): 258–263.
54. Lacko-Bartošová M, Lacko-Bartošová L, Konvalina P, Matejková E, Bieliková D. Rheological dough properties of organic spelt and emmer wheat for assessment of bread making quality. *Agriculture*. 2021;108(3): 279–286. <https://doi.org/10.13080/z-a.2021.108.036>.
55. Munteanu M, Voicu G, Stefan EM, Constantin GA, Popa L, Mihailov N. Farinograph Characteristics of Wheat Flour Dough and Rye Flour Dough. *International Symposium ISB-INMA TEH 2015*. 2015;(May 2017): 645–650.
56. Lacko-Bartošová M, Konvalina P, Lacko-Bartošová L. Baking quality prediction of spelt wheat based on rheological and mixolab parameters. *Acta Alimentaria*. 2019;48(2): 213–220. <https://doi.org/10.1556/066.2019.0002>.
57. Biel W, Jaroszewska A, Stankowski S, Sobolewska M, Kępińska-Pacelik J. Comparison of yield, chemical composition and farinograph properties of common and ancient wheat grains. *European Food Research and Technology*. 2021;247(6): 1525–1538. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03729-7>.
58. ДСТУ_3768-2019. ПШЕНИЦЯ. Технічні умови. 2019.

59. ГСТУ_46.004-99. БОРОШНО ПШЕНИЧНЕ. Технічні умови. 1999.
60. ДСТУ_3016-95. ВИСІВКИ КОРМОВІ ПШЕНИЧНІ І ЖИТНІ. Технические условия. 1996.
61. ПРАВИЛА організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. Київ: КІХ та ДАК; 1998.
62. Моргун ВО, Жигунов ДО. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Проектування технологічних процесів підприємств галузі» (мукомельне виробництво). Одеса: ОНАХТ; 2008. 51. <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
63. Борошно України та світу. Інформаційно-аналітичний вісник. 2024;16: 22.