

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 «Бакалавр»
Спеціальність 181 «Харчові Технології»
Освітня програма Технології зберігання і переробки зерна



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**на тему «Проект млина з модернізованим технологічним процесом
сортового помелу зерна пшениці»**

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача (ки) Гнилянського О.М.
(прізвище, ініціали)

Керівник: доцент Волошенко О.С.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: проф. Басюркіна Н.Й.
(посада, прізвище та ініціали)

доцент Штепа Є.П.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 2026 р., протокол № ____.

Завідувач кафедри

ТЗПХіКВ
(назва кафедри)

_____ (підпис)

Дмитро ЖИГУНОВ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2026 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 «Бакалавр»

Спеціальність 181 «Харчові Технології»

Освітня програма Технології зберігання і переробки зерна

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ТЗПХіКВ

Дмитро ЖИГУНОВ

«____» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Гнилянського Олександра Миколайовича

1. Тема роботи Проект млина з модернізованим технологічним процесом сортового помелу зерна пшениці

Затверджена наказом університету від 29.09.2025р. наказ № 511-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи « 02 » червня 2026 р.

3. Вихідні дані роботи

Матеріали переддипломної практики: показники якості зерна, асортимент готової продукції; технологічна схема; показники ТЕО; плани поверхів підприємства

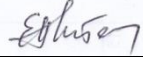
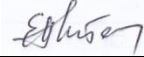
4. Перелік питань, які потрібно розробити

Стан проблеми та перспективи її вирішення. Техніко-економічне обґрунтування. Характеристика технологічних об'єктів та комунікацій генерального плану підприємства. Технологічна частина. Спеціальні розрахунки. Енергетичне та матеріально-ресурсне забезпечення. Техніко-економічні показники проекту

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначення обов'язкових креслень)

Схема технологічного процесу підготовки зерна до помелу, схема технологічного процесу розмелювання зерна, баланс помелу, плани поверхів

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

РОЗДІЛ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
2, 7	Басюркіна Н.Й.		
6	Штепа Є.П.		

7. Дата видачі завдання « ____ » _____ 2026 р.

Керівник _____ Волошенко О.С.

Завдання прийняв до виконання _____ Гнилянський О.М.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ	24.03-25.03	виконано
2.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	26.03-27.03	виконано
3.	ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА КОМУНІКАЦІЙ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ПІДПРИЄМСТВА	28.03-30.03	виконано
4.	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	31.03-30.04	виконано
5.	СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРАХУНКИ	01.05-04.05	виконано
6.	ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА МАТЕРІАЛЬНО-РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	05.05-10.05	виконано
7.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	11.05-14.05	виконано
8.	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	15.05-17.05	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Гнилянський О.М.

Керівник _____ Волошенко О.С.

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-вищої освіти Гнилянський О.М.
(ПІБ)

(підпис)

АНОТАЦІЯ

на кваліфікаційну роботу на тему
«Проект млина з модернізованим технологічним процесом сортового помелу
зерна пшениці»

Здобувач	<u>Гнилянський О.М.</u>
Керівник	<u>к.т.н. Волошенко О.С.</u>
Ступінь вищої освіти	<u>«Бакалавр»</u>
Спеціальність	<u>181 «Харчові технології»</u>
Освітня програма	<u>Технології зберігання і переробки зерна</u>

Актуальність теми: Сортовий помел зерна пшениці є найбільш складним та капіталомістким процесом у борошномельному виробництві. Він передбачає багатоступінчасте розмелювання зерна з послідовним відокремленням ендосперму від оболонок та зародка, що дозволяє отримувати борошно різних сортів з різними технологічними властивостями. Ключовим обладнанням у процесі сортового помелу є вальцьові верстати, які забезпечують подрібнення зерна та проміжних продуктів розмелювання. Використання восьмивальцьових верстатів є оптимальним рішенням для борошномельних заводів середньої продуктивності (200-250 т/добу) при сортових помелах пшениці. Така конфігурація забезпечує баланс між продуктивністю, вартістю обладнання та якістю кінцевої продукції.

Основні особливості роботи: У проекті реалізується скорочена за рахунок використання сучасного технологічного обладнання схема (а саме за рахунок встановлення восьмивальцьових верстатів на I+II др.с. та 1+2р.с.) переробки зерна пшениці у сортове борошно. Запроектована схема дозволяє отримати 75 % борошна, з них 58 % - вищого сорту, 12% - першого сорту та 5 % - другого сорту.

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 «Технологічна частина», розділ 5 «Спеціальні розрахунки», розділ 6 «Енергетичне та матеріально-ресурсне забезпечення», розділ 7 «Техніко-економічні показники»; висновки та рекомендації; список літератури; графічні додатки.

Обсяг роботи: пояснювальна записка викладена на 89 сторінках. Графічна частина включає 5 листів.

Висновок: У проекті борошномельного заводу з удосконаленою структурою етапу крупоутворення передбачено ефективну комплексну механізацію трудомістких процесів і автоматизацію; раціональне використання виробничих площ при розміщенні устаткування з урахуванням

вимог діючих норм і правил техніки безпеки і виробничої санітарії для підприємств системи хлібопродуктів.

Ключові слова: борошномельний завод, енергоефективність, ресурсозбереження, переробка зерна, технологічний процес, автоматизація виробництва, енергоспоживання, енергоощадні технології.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ЗМІСТ	6
ВСТУП	7
1. РОЗДІЛ 1 СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ	8
2. РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	13
3. РОЗДІЛ 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ’ЄКТІВ ТА КОМУНІКАЦІЙ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ПІДПРИЄМСТВА.....	19
3.1 Загальна характеристика генерального плану підприємства.....	19
3.2 . Архітектурно-будівельні рішення	20
4. РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	22
4.1 Наукове обґрунтування.....	22
4.2 Вимоги до показників якості сировини та розрахунок помельної партії	29
4.3 Обґрунтування схеми технологічного процесу	34
4.4 Розрахунок балансу помелу зерна	42
4.5 Підбір та розрахунок технологічного обладнання	46
4.6 Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва. Застосування системи НАССР	52
4.7 Охорона праці.....	56
5. РОЗДІЛ 5 СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРАХУНКИ.....	59
6. РОЗДІЛ 6 ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА МАТЕРІАЛЬНО-РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	63
7. РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	76
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	86
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	88

ВСТУП

Україна має глибокі історичні традиції переробки агросировини: ще наприкінці XIX – на початку XX століття вітчизняні підприємства експортували до країн Європи не сирець, а високоякісне сортове борошно. Сьогодні Україна трансформується з постачальника базової зернової сировини в державу з високим індексом переробки. Сучасний зернопереробний комплекс країни оснащений високотехнологічним устаткуванням і здатний повністю задовольнити внутрішні потреби населення та формувати потужний експортний потенціал у сегменті хлібопродуктів, борошна і круп із високою доданою вартістю.

Проте сучасні реалії (зокрема логістичні кризи та руйнування інфраструктури) змусили вітчизняний агробізнес переосмислити стратегію. Замість ризикованого експорту великих об'ємів фуражу та продовольчого зерна морем, пріоритетом став розвиток локального борошномельного та круп'яного виробництва. Ефективність цієї модернізації базується на трикутнику: якість вихідної сировини – досконалість технологій – енергоефективність обладнання.

Перетворення зернівки на борошно чи крупу – це не просто механічне подрібнення, а складний комплекс фізико-хімічних, біохімічних та структурно-механічних перетворень. Ефективність використання енергоресурсів і вихід готової продукції прямо залежать від:

- Анатомічних та технологічних властивостей ендосперму і оболонки зерна.
- Оптимальної архітектури та геометрії нарізки рифлів вальців.
- Диференціації режимів крупоутворення та шліфування.
- Структури внутрішньозаводського пневматичного та механічного транспорту.

Розуміння молекулярних змін білково-протеїназного та вуглеводно-амілазного комплексів зерна під час обробки є теоретичним фундаментом для створення інноваційних продуктів харчування.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

Для досягнення максимальної рентабельності та стабільності агросектору, функціонування сучасного борошномельно-круп'яного комплексу України розвивається за такими магістральними напрямками:

1. Системне підвищення та верифікація якості сировини.

Якість кінцевого продукту закладається на полі. Необхідно стимулювати вирощування сильних і цінних сортів пшениці з високим вмістом клейковини та оптимальним ІДК (індексом деформації клейковини). Сучасні елеватори впроваджують експрес-аналізатори, що діють на основі інфрачервоної спектроскопії (NIR), для миттєвої оцінки склоподібності, вологості та вмісту білка під час приймання зерна.

2. Математичне моделювання помельних партій.

Формування стабільних за якістю помольних партій (блендинг) є критичним для забезпечення безперебійної роботи автоматичних ліній. Використання сучасного програмного забезпечення дозволяє комп'ютерним алгоритмам розраховувати найбільш раціональні пропорції змішування різних партій зерна з різними характеристиками для отримання борошна із заданими хлібопекарськими та технологічними властивостями.

3. Адаптація технологій до нових та альтернативних сортів.

Селекція не стоїть на місці, тому технологічні схеми млинів мають гнучко адаптуватися до фізико-хімічних параметрів нових вітчизняних та європейських сортів зернових. Окремим трендом є дослідження та переробка нішевих і прадавніх культур (спельти, двозернянки, твердої пшениці Duro, тритикале), які мають підвищений попит на ринку здорового харчування Європейського Союзу.

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Гнилянський О.М				Розділ 1	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник	Волощенко О.С.						8	
						ОНТУ, ТЗХ-41		
Консультант								
Зав. кафедри	Жигунов Д.О.							

4. Глибока переробка (Deep Processing) та розширення асортименту.

Сучасна індустрія відходить від класичного випуску лише сортового борошна. Пріоритетом стає максимальне розкриття біологічного потенціалу зерна:

- Виробництво цільозернового борошна, збагаченого мікроелементами.
- Виділення окремих фракцій (наприклад, зародка пшениці для фармацевтики).
- Глибока переробка крохмалю на біоетанол, глюкозно-фруктозні сиропи та ізоляти рослинного білка (глютену).

5. Направлена волого-теплова (гідротермічна) обробка зерна.

Модернізація процесів водно-теплової обробки дозволяє цілеспрямовано змінювати структурно-механічні властивості оболонок та ендосперму. Застосування сучасних кондиціонерів інтенсивного зволоження та систем короткочасного пропарювання під тиском не лише полегшує відділення оболонок і знижує навантаження на вальцові верстати, а й дозволяє отримувати крупи швидкого приготування (пластівці, що не потребують варіння).

6. Тотальне впровадження Industry 4.0 та Smart-автоматизації.

Сучасний млин – це повністю автоматизований біокібернетичний комплекс. Управління переходить до систем класу MES (Manufacturing Execution System) та SCADA. До переліку обов'язкових "критичних" засобів автоматизації входять:

- IoT-датчики: безперервний контроль рівня завантаження силосів, вібрації вальцових верстатів та температури підшипників для превентивного ремонту.
- Автоматизоване зволоження: потокові вологоміри автоматично коригують подачу води в зернову масу залежно від її початкових параметрів.

- Тензометрія та робототехніка: високоточні вагові дозатори інтегруються з автоматичними лініями фасування та палетування готової продукції.

- AI-контроль: комп'ютерний зір (Computer Vision) аналізує колір та зольність борошна безпосередньо у потоці, миттєво сигналізуючи про відхилення від стандарту.

7. Енергоефективність та зелена трансформація (Green Deal).

В умовах дефіциту та високої вартості енергоресурсів критично важливим є перехід на енергоощадне обладнання. Модернізація передбачає:

- Встановлення пасивних та активних систем рекуперації тепла у сушильних комплексах.

- Заміну застарілих вентиляторів пневмотранспорту на високоефективні турбокомпресори з частотним регулюванням (VFD).

- Використання відходів виробництва (лузги, висівки, неконденційного зерна) як біопалива для генерації власної теплової та електричної енергії в когенераційних установках.

Аналіз технічного стану виробничих фондів зернопереробної галузі України демонструє суттєвий дисбаланс між передовими підприємствами та більшістю виробничих потужностей, які потребують негайного оновлення.

Структуру виробничих фондів за їхнім технічним рівнем можна представити у вигляді такої класифікаційної таблиці:

Таблиця 1.1. Структура та технічний стан виробничих фондів АПК

Категорія виробничих фондів	Частка від загального обсягу (%)	Необхідні стратегічні заходи та перспективи
Світовий (інноваційний) рівень	19 %	Підтримка конкурентоспроможності, впровадження систем Industry 4.0 (штучний інтелект, IoT), цифровізація та сертифікація за міжнародними стандартами безпеки (НАССР, ISO).
Рівень, що	25 %	Часткове оновлення вузлів,

Категорія виробничих фондів	Частка від загального обсягу (%)	Необхідні стратегічні заходи та перспективи
потребує модернізації		автоматизація окремих ділянок, впровадження енергоефективних технологій та заміна морально застарілих елементів без зупинки основного виробництва.
Рівень, що підлягає повній заміні	42 %	Повний демонтаж зношеного обладнання, проектування нових технологічних ліній «з нуля» (Greenfield-проекти), перехід на сучасне маловідхідне та енергоощадне устаткування.
Інші фонди (невизначений стан)	14 %	Поточний ремонт, підтримання базової працездатності, планова амортизація.

Зернопереробна промисловість України динамічно еволюціонує в технологічний та наукомісткий сектор економіки. Реалізація зазначених інноваційних кроків не лише гарантує продовольчу безпеку всередині країни, але й дозволяє впевнено диверсифікувати український агроекспорт, заміщуючи сировинні потоки готовою продукцією найвищої європейської якості.

Стратегічний розвиток вітчизняної борошномельної індустрії базується на реалізації комплексних програм капітального будівництва та масштабної реконструкції діючих потужностей. Впровадження інноваційного, високопродуктивного технологічного устаткування та прогресивних методів переробки сировини є головною умовою забезпечення конкурентоспроможності галузі на міжнародному ринку.

1.1. Характеристика об'єкта

Проект КРБ передбачає будівництво борошномельного заводу продуктивністю 240 т/доб, якій оснащений високопродуктивним технологічним обладнанням турецького виробництва фірми “Makenas”.

У проєкті реалізована скорочена технологічна схема розмелювання зерна (за рахунок встановлення восьмивальцьових верстатів на І+ІІ др.с. та І+2р.с.). Схема, що проєктується, дозволяє виробляти сортове пшеничне борошно загальним виходом 75 % (з них 58 % - вищого сорту, 12% - першого сорту та 5 % - другого сорту) та 22,1 % висівок.

Використання восьми вальцьових верстатів забезпечує двоступінчасте розмелювання без проміжного відсіювання продукту.

1.2. Мета і завдання проекту

Мета проекту – розробка та реалізація технологічної схеми борошномельного заводу продуктивністю 240 т/доб з удосконаленою структурою етапу крупоутворення.

Завдання проекту:

- зробити техніко-економічне обґрунтування;
- надати загальну характеристику генерального плану підприємства та архітектурно-будівельних рішень;
- обґрунтувати асортимент та формування показників якості готової продукції, характеристику сировини;
- зробити аналіз та обґрунтувати схему технологічного процесу;
- розрахувати кількісно-якісний баланс;
- вибрати, розрахувати та підібрати технологічне обладнання;
- розрахувати спеціальні розрахунки: аспірацію і енергопостачання;
- зробити техніко-економічні розрахунки.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Маркетингові дослідження з обґрунтування будівництва заводу

Підприємство буде будуватися на території Одеської області. В даній області присутній лише один конкурент – ДП Куліндорівський КХП, але є значний логістичний потенціал як для активного просування продукції на внутрішній ринок, так і для здійснення зовнішньоекономічної діяльності.

Конкурентною перевагою нового підприємства є також те, що планується використання турецького обладнання, що призводить до покращення санітарного стану зерна та збільшення виходу борошна вищого сорту.

Аналіз майбутнього ринку збуту та визначення долі підприємства на цьому ринку

Основними споживачами борошна в регіоні є жителі міста Одеси та її області, а також хлібозаводи, міні-пекарні, пекарні у супермаркетах, численні кондитерські цехи. Планується, що продукція буде також експортуватися на зарубіжний ринок, а саме країни північної Африки, Близький Схід та Китай. Так, аналізуючи тенденції розвитку вітчизняного експорту борошна за останні роки, можна констатувати факт суттєвого зростання обсягу його надходжень на світові ринки. Загалом впродовж 2022–2026рр. експорт пшеничного борошна зріс із 247,2 тис. т до 368,9 тис. т, або майже в 1,5 рази.

Мета і робоча гіпотеза проектування

Економічною метою проекту будівництва заводу продуктивністю 10 тонн переробки зерна на годину із впровадженням технології переробки зерна пшениці у сортове борошно з удосконаленою структурою етапу крупоутворення є отримання прибутку від здійснення діяльності по виробництву і реалізації продукції (борошна та висівок).

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.1						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Гнилянський О.М.			Розділ 2			Літ	Аркуш	Аркушів	
Керівник		Волошенко О.С.								13	
								ОНТУ, ТЗХ-41			
Консультант		Басюркіна Н.Й.									
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.									

Продукція буде вироблятися на новому, сучасному, автоматизованому обладнанні турецького виробництва.

В проєкті планується переробляти пшеницю місцевого виробництва. Вихід основної продукції – борошно вищого сорту – 58 %, борошно першого сорту – 12 %, борошно другого сорту – 5 %, висівки – 22,1 %.

Потужність підприємства (ВП) по переробці зерна складе:

$$\text{ВП} = 10 \cdot 24 \cdot 270 = 64800 \text{ тонн},$$

де 10 – годинна виробнича потужність підприємства по сировині, тонн;

24 – добовий робочий період підприємства, годин

270 – плановий період робочого часу заводу (270 діб).

Розрахунок планової виробничої програми передбачає застосування планового коефіцієнта використання виробничої потужності. З урахуванням того, що підприємство нове та не зможе одразу вийти на проєкту потужність, заплануємо коефіцієнт використання виробничої потужності на рівні 90%.

В такому випадку плановий обсяг переробки зерна (Оп) за рік складе:

$$\text{Оп} = 64800 \cdot 0,9 = 58320 \text{ тонн}.$$

Використовуючи плановий вихід продукції (Впл) визначимо планові обсяги виробленої продукції в натуральному виразі:

- Борошно вищого сорту $58320 \cdot 0,58 = 33825,6 \text{ тонн}.$
- Борошно першого сорту $58320 \cdot 0,12 = 6998,4 \text{ тонн}.$
- Борошно другого сорту $58320 \cdot 0,5 = 2916 \text{ тонн}.$
- Висівки $58320 \cdot 0,221 = 12888,7 \text{ тонн}.$

Ціни на продукцію (без ПДВ) приймемо на рівні середніх в регіоні розташування заводу. Планова виробнича програма у вартісному виразі наступна:

- Борошно вищого сорту $33825,6 \cdot 8500 = 287517,6 \text{ тис. грн}$
- Борошно першого сорту $6998,4 \cdot 8000 = 55987,2 \text{ тис. грн}.$
- Борошно другого сорту $2916 \cdot 7500 = 21870,0 \text{ тис. грн}.$
- Висівки $12888,7 \cdot 1500 = 19333,1 \text{ тис. грн}.$

Таким чином, плановий обсяг виробленої та реалізованої продукції складе:

$$РП = 287517,6 + 55987,2 + 21870,0 + 19333,1 = 384707,9 \text{ тис. грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо в таблицю 2.1

Таблиця 2.1. Обсяги виробництва та реалізації продукції

Показники	Значення показника	Оптові ціни підприємства	Обсяг реалізації продукції, тис. грн
Добова потужність підприємства, т	240	-	-
Річний робочий період, діб	270	-	-
Річна потужність заводу, т	64800	-	-
Плановий коефіцієнт використання виробничої потужності	0,9	-	-
Річний обсяг переробки зерна, т	58320	-	-
Виробництво продукції:	-	-	-
борошно в/с %	58	8500	287517,6
т	33825,6		
борошно I сорту %	12	8000	55987,2
т	6998,4		
борошно II сорту %	5	7500	21870
т	2916		
висівки %	22,1	1500	19333,08
т	12888,7		
Всього	-	-	384707,9

Плановий прибуток (П) визначаємо за формулою:

$$П = РП \times \frac{p}{100 + p},$$

де РП – обсяг реалізації продукції та послуг,

Рпр – рентабельність продукції, яку задають шляхом прогнозування, приймаємо Рпр = 15 %.

$$П = 384707,9 \times 15 / (100 + 15) = 50179,3 \text{ тис грн.}$$

Визначення потреби в інвестиціях і оцінка економічної доцільності будівництва

Інвестиції визначаються за формулою:

$$I = I_{овф} + I_{ок},$$

де Іовф, Іок – інвестиції, відповідно, в основні виробничі фонди (засоби) та на створення оборотних коштів – ОК (Іок = ОК).

Розрахунок інвестицій у основні виробничі фонди – Іовф.

$$\text{Іовф} = \text{Вбуд} + \text{Впу},$$

де Вбуд, Впу - вартість, відповідно, будівництва, придбання устаткування

До будівельної складової відноситься:

- приміщення для розташування обладнання основного виробництва: зерноочисне та луцильне відділення, фасувальне відділення (фасування у мішки та пакети), склад готової продукції;

- приміщення інфраструктури (елеваторні ємності для зерна, приміщення допоміжного та обслуговуючого виробництва, інші приміщення інфраструктури підприємства).

До складу устаткування та обладнання відноситься:

- устаткування основного виробництва;
- устаткування інфраструктури (елеваторного господарства, устаткування допоміжного та обслуговуючого виробництва, інше устаткування інфраструктури).

Розрахунок інвестицій у будівництво – Ібуд

Інвестиції в будівельні роботи визначимо укрупнено, виходячи з розмірів шестиповерхової виробничої будівлі (64,6*18) та середньої вартості 1 кв. м. будівельних робіт аналогічної складності (8000 грн).

$$\text{Ібуд} = 64,6 * 18 * 6 * 8000 = 55814,4 \text{ тис. грн.}$$

Розрахунок інвестицій в устаткування – Іовф.

Вартість придбання устаткування розраховують за формулою

$$\text{Впу} = 1,1 * (\text{Вуст} + \text{Тр} + \text{Зс} + \text{М}),$$

де Вуст - вартість устаткування, що встановлюють;

Тр - транспортні витрати на доставку, задають на рівні 5 % від Вуст;

Зс - заготівельно - складські витрати, задають у розмірі 2 % від Вуст;

М - витрати на монтаж, беруть у розмірі 15 % від Вуст;

1,1 - коефіцієнт, що враховує витрати на тару, запасні частини, витрати по комплектації, націнки постачальницьких організацій та інші.

Разом транспортні витрати, заготівельно-складські витрати та витрати на монтаж складають 22 % від Вуст (2+5+15).

Інвестиції в устаткування основного виробництва визначимо в таблиці 2.2

Таблиця 2.2. Розрахунок вартості устаткування (Вуст)

Найменування	Кількість	Ціна, тис. грн	Вартість, тис. грн.
Вальцовий станок	9	650	5850
Вальцовий верстат	4	900	3600
Розсійник	4	180	900
Розсійник	1	200	200
Ситовіальна машина	4	450	1800
Радіально-бичова машина	3	600	1800
Ентолейтор	3	150	450
Разом			14600

Таким чином, загальна вартість устаткування по проекту складе 14600 тис. грн.

$$\text{Тоді } В_{пу} = 1,1 * 1,22 * 14600 = 19593,2 \text{ тис. грн.}$$

Всього інвестицій в основні виробничі фонди:

$$\text{Іовф} = 55814,4 + 19593,2 = 75407,6 \text{ тис грн}$$

Розрахунок інвестицій у оборотні кошти - Іок.

З урахуванням неможливості прямого розрахунку потреби нового підприємства в оборотних коштах, інвестиції у оборотні кошти визначаємо у розмірі місячної потреби в них, тобто 1/12 від річної виручки від реалізації продукції:

$$\text{Іок} = 384707,9 / 12 = 32059,0 \text{ тис грн}$$

Загальний розмір інвестицій:

$$\text{І} = 75407,6 + 32059,0 = 107466,6 \text{ тис грн.}$$

Попередня оцінка економічної доцільності будівництва підприємства

Співвідношення інвестицій та прибутку, що характеризує термін повернення інвестицій, дорівнює 2,1 ($107466,6/50179,3$), що відповідає середній ставці прибутковості інвестицій на рівні 47%. Плановий рівень рентабельності інвестицій та строк їх повернення є інвестиційно привабливими, а тому будівництво підприємства є доцільним та економічно ефективним заходом.

Економічна та фінансова ефективність проєкту визначається також джерелами коштів, необхідних для його реалізації. Заплануємо наступну структуру фінансових джерел проєкту: 50 % власні кошти (кошти потенційного інвестора) та 50 % позикові кошти (банківська позика). Тобто, для реалізації проєкту заплануємо залучення банківського кредиту в розмірі $107466,6/2 = 53733,3$ тис. грн.

РОЗДІЛ 3

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА КОМУНІКАЦІЙ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ПІДПРИЄМСТВА

Генеральним планом називається проект розміщення і взаємної прив'язки всіх будівель, споруд, інженерних мереж, залізничних колій та автомобільних доріг підприємства.

3.1 Загальна характеристика генерального плану підприємства

Даний проект борошномельного заводу потужністю 240 т/доб розроблений згідно наступних вимог: розрахункова зимова температура повітря – 20°; сейсмічність – не більше 6 балів; клас будівлі борошномельного заводу – II; ступінь вогнестійкості – П II; категорія виробництва по вибухопожежній безпеці для розмельного відділення – “Б”.

Даний завод розташований в кліматичній зоні з параметрами зовнішнього середовища:

- в зимовий період – $t = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- в літній період – $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Для зимового періоду прийнято слідуєчі параметри повітря в середині приміщення: температура – $t \geq 16\text{ }^{\circ}\text{C}$, відносна вологість - $W = 50\%$.

Площа для будівництва підприємств повинна відповідати наступним вимогам: мати мінімальні розміри з урахуванням раціональної щільності забудови; забезпечити розміщення будівель і споруд у відповідності з напрямком руху сировини і готової продукції та мати можливість розширення виробництва; мати відносно рівну поверхню та кут нахилу (0,001...0,003), щоб забезпечити стік поверхневих вод; рівень ґрунтових вод повинен бути нижче глибини розміщення підвалів, тунелів; мати зручне приєднання до найближчої залізничної станції; планування площадки не повинно бути пов'язано з виконанням великого обсягу земляних робіт.

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Гнилянський О.М.				Розділ 3	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник	Волощенко О.С.						19	
Консультант						ОНТУ, ТЗХ-41		
Зав. кафедри	Жигунов Д.О.							

Виробничі будівлі зернопереробних підприємств розміщують на відстані один від одного не більше 15 м при ширині будівлі до 18 м. До них повинен забезпечуватися під'їзд пожежних машин з однієї сторони, а при ширині будівлі більше 18 м – з двох сторін.

3.2 . Архітектурно-будівельні рішення

Будівельна частина борошномельного заводу розроблена в основних рішеннях зі збірних залізобетонних уніфікованих елементів. Використано колони і ригелі серії 1.420-12, застосовують також колони по індивідуальних розробок

Споруда борошномельного заводу має шість поверхів. Висота поверхів – 4,8 м. Розміри в планах в розбівочних осях – 64,6 х 18 м.

Сітка колон будівлі - 6,0х6,0 м, запроектована під нормативне тимчасове навантаження на міжповерхові перекриття до 1500 кг/м³, загальна висота будівлі складає 37,3 м.

Будівля борошномельного заводу каркасного типу із монолітного бетону марки 200 на дрібній гальці та залізобетонних елементах.

Грунтові води залягають далеко від поверхні на глибині 15 м.

Фундамент – стаканного типу. Запроектований з бетону марки 200, глибина фундаменту–2,6 м.

Колони – збірні залізобетонні.

Ригелі – збірні залізобетонні по серіям 1.420 - 12 і НН 23 1/70.

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

Підлога – на всіх поверхах перекриття підлоги запроектовані з бетону М 200. Підстильний шар - з бетону М 100. Підгрунтя основи з втрамбованою галькою. В побутових приміщеннях запроектований підстильний шар з

бетону М 100, а також лінолеум з теплозвукоізоляційним шаром на прошарку з холодної мастики, запроектована керамічна плитка.

Вікна і двері – дерев'яні. В будівлі борошномельного заводу з першого по сьомий поверх стоять вікна виробничих приміщень, встановлені розмірами 3,000х2,300 м.

У виробничих приміщеннях запроектовані двері самозачинні, виконані на основі СНІП - II - 2 - 80. На дверях встановлений дверний зачинник типу ЗДІ - 1 (ГОСТ 5091 - 89). Евакуаційні двері відчиняються назовні. Розміри дверей: ширина - 1,5 м, висота - 2,4 м. Віконні пройми та двері пофарбовані масляною фарбою на натуральній оліфі за два рази.

Виробничі приміщення відділяються від сходової клітини тамбур-шлюзами, з постійним підпором повітря 20 ПА. Стіни тамбур-шлюзів виконані з цегли з арміруванням, товщиною 120 мм, перекриття монолітно-залізобетонне.

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

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Наукове обґрунтування

Модернізація агропромислового комплексу України та її інтеграція до європейського економічного простору вимагають переходу від сировинної моделі експорту до формування потужних виробництв із високою доданою вартістю. Провідну роль у цьому процесі відіграє борошномельна промисловість. Сучасний етап розвитку переробних галузей характеризується жорсткими вимогами до якості готової продукції, зниженням питомих витрат енергоресурсів та максимальним вилученням високоцінного ендосперму з зернівки пшениці.

Метою даного огляду літератури є теоретична та практична систематизація наукових і технічних даних про використання восьмивальцових верстатів як інноваційного обладнання при сортових помелах зерна пшениці.

У борошномельній практиці чітко розмежовують два фундаментальні типи переробки зерна: простий та сортовий помели.

При простому помелі все зерно піддається наскрізному механічному подрібненню. Метою є отримання однорідного за дисперсністю продукту, куди потрапляють абсолютно всі анатомічні частини зернівки: ендосперм, алейроновий шар, насіннєві та плодові оболонки, а також зародок. Отримане борошно має високу зольність і темний колір через високу концентрацію периферійних частин.

На противагу цьому, сортовий помел пшениці є складним, вибіркоким технологічним процесом, спрямованим на селективне (вибіркове) вилучення чистого ендосперму та максимальне відділення його від покривних тканин зернівки (оболонки і алейронового шару).

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.1				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Гнилянський О.М.			Розділ 4		Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волошенко О.С.						22	
							ОНТУ, ТЗХ-41		
Консультант									
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.							

Анатомічна будова зерна пшениці зумовлює неоднорідність фізико-хімічних властивостей його частин:

- Ендосперм (становить 80–84% від маси зерна) складається переважно з крохмальних зерен та білків (гліадину і глютеніну), має мінімальну зольність (0,3–0,4 %) і високу білість.
- Оболонки та алеїроновий шар багаті на клітковину, геміцелюлозу, мінеральні речовини та ферменти. Їхня зольність сягає 7–10 %. Попадання навіть незначної кількості оболонок у готове борошно вищих сортів різко знижує його колірні показники (білість) та погіршує хлібопекарські властивості клейковини.

Тому сортовий помел базується на принципі послідовного, делікатного руйнування зернівки, що дозволяє поетапно відокремлювати крихкий ендосперм від пластичних оболонок, які завдяки правильній гідротермічній обробці (зволоженню та відволожуванню) знижують ступінь подрібнення і вилучаються у вигляді висівок.

Сучасний розвинений сортовий помел реалізується через три обов'язкові, послідовні технологічні цикли (етапи), кожен з яких виконує специфічну функцію:

Крупоутворення з вилученням оболонок (драний процес).

Це початковий і один із найвідповідальніших етапів млина. Процес розгортається на 4–5 послідовних драних системах. Головне завдання – делікатне розкриття зернівки та максимальне вилучення внутрішнього вмісту у вигляді проміжних продуктів (крупок і дунстів) різного розміру та якості, при мінімальному подрібненні оболонок.

Збагачення та шліфування проміжних продуктів (шліфувальний процес).

Отримані з дрального процесу крупки не є абсолютно чистими – вони містять зростки (частинки ендосперму, з'єднані з оболонками). Для їхнього розділення суміш направляють на ситовіальні машини (5-8 систем збагачення за густиною та аеродинамічними властивостями), а потім – на 2–3

шліфувальні системи. Крупинки піддаються легкому механічному впливу, завдяки чому крихкий ендосперм злегка подрібнюється, а еластичні оболонки відшаровуються без утворення дрібного пилу, що полегшує їх подальше просіювання.

Тонке подрібнення збагачених проміжних продуктів (розмелювальний процес).

Чисті, збагачені крупки та дунсти, що складаються майже на 100 % з ендосперму, направляються на розвинену систему тонкого помелу, яка налічує від 7 до 10 розмелювальних систем. На цьому етапі використовуються переважно гладкі або мікрошорсткі вальці. Метою є делікатне розтирання крупок до дисперсності борошна (менше 160 мкм). Оскільки якість ендосперму від периферії до центру зерна суттєво різниться, з кожної окремої розмелювальної системи виводяться ізольовані потоки борошна.

Таблиця 4.1. Характеристика етапів сортового помелу пшениці.

Параметр етапу	Драний процес	Шліфувальний процес	Розмелювальний процес
Кількість систем	4–5	2–3	7–10
Тип поверхні вальців	Рифлена	Рифлена або гладка	Гладка / Мікрошорстка
Цільовий продукт	Крупки, дунсти	Збагачена чиста крупка	Борошно вищих сортів

У процесі послідовного проходження всіх систем млина сумарно формується від 16 до 22 диференційованих потоків борошна. Борошно з перших розмелювальних систем характеризується найвищою білістю та мінімальною зольністю, оскільки воно походить з центральної частини ендосперму. Борошно з останніх систем містить мікрочастинки алеїронового шару та має вищу зольність.

На сучасних підприємствах ці потоки направляються у спеціальні силоси для потокового блендингу. За допомогою комп'ютеризованих дозувальних систем потоки змішуються в чітких пропорціях, що дозволяє одночасно формувати ринкові сорти борошна (вищий, перший, другий) або спеціалізоване борошно із заданими властивостями під конкретні замовлення хлібозаводів та кондитерських фабрик (наприклад, борошно для чабати, піци чи листового тіста).

Історично класичні борошномельні заводи будувалися за принципом "розвинених технологічних схем". Вони передбачали дуже довгі лінії послідовного подрібнення (до 28–30 систем), де продукт багаторазово циркулював між вальцювими верстатами, ситовіальними машинами та розсійниками. Такий повторювальний характер помелу дозволяв досягати високої чистоти борошна, але вимагав колосальних виробничих площ (будівлі млинів у 6-7 поверхів), довгих трас пневмотранспорту і, як наслідок, призводив до надвисокого споживання електроенергії (до 85–100 кВт·год на тону переробленого зерна).

З кінця XX століття у світовому борошномельному інженерінгу (Bühler, Makenas, Alapala, Ogrim) сформувався стійкий тренд на скорочення технологічного процесу без втрати якості та виходу готового продукту. Скорочені схеми помелу базуються на інтенсифікації підготовки зерна до помелу та підвищенні ефективності одиничного проходу крізь вальці.

Ключовими елементами, що уможливили впровадження скорочених схем, є:

1. Етап лущення: Перед подачею на першу драну систему зерно проходить через інтенсивні обдирні машини, які видаляють до 2–4% зовнішніх мінеральних оболонок. Це кардинально знижує ризик потрапляння висівок у борошно вже на старті процесу.
2. Плющення та швидкісне кондиціонування: Застосування сучасних гідротермічних технологій дозволяє досягати оптимального

зволоження всього за 4–6 годин замість класичних 24 годин, роблячи оболонку максимально еластичною.

Завдяки цим заходам на заводах середньої продуктивності вдається скоротити кількість розмелювальних та драних систем. Скорочена схема для сучасного млина потужністю 200-250 т/добу ефективно функціонує за конфігурації 4–5 драних та 7–10 розмелювальних систем, забезпечуючи вихід борошна вищих сортів на рівні класичних млинозаводів.

Восьмивальцьовий верстат є високоінтегрованим агрегатом, який фактично об'єднує в одному корпусі два традиційні чотиривальцьові верстати, розташовані симетрично або послідовно. Це дозволяє здійснювати подвійне послідовне подрібнення продукту (або обробку двох незалежних потоків) в межах єдиної конструктивної одиниці.

Основні елементи конструкції сучасного восьмивальцьового верстата включають:

- Станина (корпус): Виготовляється методом високоточного чавунного литва або зі спеціальних товстостінних сталевих профілів із застосуванням робототехнічного зварювання. Важка станина є критично важливою для гасіння низькочастотних вібрацій, що виникають під час обертання важких валів на швидкостях до 1000 об/хв.
- Два незалежні робочі модулі: Кожен модуль містить по 4 вальці (дві пари). Параметри налаштування кожної пари (зазор, тиск притискання) регулюються індивідуально за допомогою сервоприводів.
- Живильний механізм: Включає приймальний бункер із сенсорами рівня та пару дозувальних валиків із частотним регулюванням швидкості обертання. Це гарантує формування ідеально рівномірної за товщиною штори продукту по всій довжині робочої зони вальців.
- Аспіраційна система: Вбудовані канали забезпечують постійне відведення гарячого вологого повітря із зони подрібнення, запобігаючи конденсації вологи на внутрішніх стінках та налипанню борошна.

Впровадження конфігурації з восьмивальцьовими верстатами на млинозаводі продуктивністю 200-250 т/добу забезпечує отримання високоякісного готового продукту зі стабільними фізико-хімічними характеристиками. Нижче наведено базові вихідні параметри борошна, що досягаються за цієї технології:

- Загальний вихід борошна високих сортів (Вищий + Перший): 60–65 %. Це високий показник, який вказує на глибоке та чисте вилучення ендосперму без залучення додаткових шліфувальних ліній.
- Зольність борошна вищого сорту: 0,55 %. Показник жорстко контролюється стандартами. Низька зольність підтверджує, що оболонки в процесі подрібнення на восьмивальцьових верстатах не перетираються в пил і ефективно відсіюються на розсівах.
- Білість борошна: 55–60 одиниць приладу (умовних одиниць за приладом РЗ-БПЛ). Забезпечує відмінний товарний вигляд борошна та високі споживчі властивості для хлібопечення.
- Вміст сирої клейковини: 24–26 %. Оскільки подрібнення на розмелювальних системах відбувається без перегріву продукту (завдяки ефективній аспірації верстата), білкові макромолекули не піддаються тепловій денатурації. Клейковина зберігає еластичність, розтяжність та формоутримувальну здатність.

Для підприємств із добовою переробкою 200-250 тонн зерна вибір між чотири- та восьмивальцьовими верстатами є ключовим фактором, що визначає період окупності капіталовкладень.

Використання одного восьмивальцьового верстата замість двох чотиривальцьових забезпечує значну економію капітальних витрат:

- Оптимізація виробничих площ: Восьмивальцьовий верстат займає на 35–40 % менше корисної площі підлоги порівняно з двома окремими чотиривальцьовими машинами аналогічної довжини валків. Це дозволяє проектувати будівлю млина з меншими лінійними розмірами або

суттєво розвантажити зальний поверх при реконструкції діючого підприємства.

- Зменшення металоємності будівництва: Знижується кількість будівельних перекриттів, опорних рам та підвальних металоконструкцій. Менша кількість точок підключення самопливних труб та аспіраційних повітроводів спрощує монтажні роботи.

Енергетична складова є однією з найбільших статей витрат у собівартості борошна. Восьмивальцьові верстати демонструють високу енергоефективність завдяки наступним факторам:

- Єдиний приводний комплекс: Замість двох окремих електродвигунів у восьмивальцьовому верстаті застосовується один потужний синхронний або асинхронний двигун із високим ККД, який приводить у рух обидва модулі через оптимізовану систему зубчасто-пасових передач. Це знижує втрати на тертя у трансмісії та зменшує пускові струми.

- Зниження питомого споживання енергії: Економія електроенергії становить від 12 % до 18 % на кожну тонну переробленого зерна порівняно з класичними чотиривальцьовими каскадами.

Додатково зменшуються витрати на технічне обслуговування (ОРЕХ): кількість підшипникових вузлів, що потребують планової заміни та змащування, скорочується, а час на сервісні зупинки млина мінімізується.

Для заводу потужністю 200-250 т/добу конфігурація на основі восьмивальцьових верстатів є точкою технологічного оптимуму. Вона дозволяє побудувати гнучку, автоматизовану та компактну лінію, яка швидко переналаштовується під мінливу якість вхідної пшениці. Скорочення капітальних витрат на будівництво та закупівлю металоконструкцій у поєднанні з низьким енергоспоживанням забезпечує скорочення терміну окупності проекту в середньому на 14–18 місяців порівняно з традиційними розвиненими схемами млинів.

Систематизація науково-технічної літератури та практичного досвіду сучасного борошномельного виробництва дозволяє зробити наступні висновки:

1. Сортний помел пшениці є високотехнологічним процесом, який вимагає чіткого розділення драного, шліфувального та розмелювального циклів для забезпечення мінімальної зольності та максимальної білості борошна.

2. Сучасні тенденції розвитку галузі спрямовані на впровадження скорочених схем помелу на основі попереднього лушення зерна, що дозволяє суттєво інтенсифікувати виробництво без зниження виходу готової продукції.

3. Восьмивальцеві верстати є передовим типом борошномельного обладнання, що поєднує високу точність механічної обробки за рахунок стабільних кінематичних параметрів (диференціалів швидкісних режимів валків) та інтелектуальні мікропроцесорні системи автоматизації контролю завантаження.

4. Застосування восьмивальцевих верстатів на борошномельних підприємствах середньої потужності (200-250 т/добу) є технічно та економічно обґрунтованим рішенням. Воно забезпечує вихід високоякісного борошна вищих сортів на рівні 60–65 % при одночасному зниженні енерговитрат на 12–18 % та оптимізації виробничих площ млина до 40 %.

Даний аналіз підтверджує доцільність закладення восьмивальцевих верстатів у проекти реконструкції та будівництва нових борошномельних об'єктів України для підвищення їхньої загальної конкурентоспроможності.

4.2 Вимоги до показників якості сировини та розрахунок помельної партії

Верифікація та комплексний контроль якісних параметрів зерна є фундаментальним і безальтернативним етапом. Придатність зернової маси до подальшої переробки, її стійкість при зберіганні та ринкова вартість визначаються синергією чотирьох базових груп характеристик: фізико-

хімічних, біологічних, споживчих та технологічних. Анатомічно повноцінне зерно, що пройшло всі стадії вегетації та дозрівання в оптимальних агрокліматичних умовах і не зазнало негативного впливу патогенів, заморозків, суховіїв чи неправильного збирання, характеризується чітко визначеними морфологічними ознаками: автентичною формою, специфічним кольором (блиском), вирівняними розмірами та типовим компонентним складом.

Основним нормативним документом, що регулює якісну класифікацію м'якої і твердої пшениці на внутрішньому ринку, є ДСТУ 3768:2019 «Пшениця. Технічні умови» [1]. Цей стандарт поділяє пшеницю на класи залежно від її призначення (продовольча, непродовольча) та ключових хлібопекарських показників (вміст білка, клейковини, число падіння).

Таблиця 4.2. Показники якості зерна пшениці

Технологічні властивості	Борошномельні властивості	Хлібопекарські властивості
колір	питома вага	склад борошна
смак	склоподібність	вміст і якість клейковини
запах	маса 1000 зерен	фізичні показники тіста
вологість,	вирівняність	
зараженість	натура	автолітична активність
чистота	зольність	

Вологість визначає збереженість зерна та умови його переробки; оптимальним значенням вважається не більше 14 %. Натура характеризує щільність і виповненість зерна та прямо впливає на вихід борошна. Склоподібність відображає структуру ендосперму і визначає міцність зерна під час помелу [2].

Показники, що характеризують борошномельні властивості зерна, включають вихід борошна, крупність помелу та зольність. Висока склоподібність і вирівняність зерна забезпечують ефективне відокремлення оболонок і підвищують вихід сортового борошна. Важливим є також

показник сили борошна, що визначається альвеографічним методом і характеризує реологічні властивості тіста.

До показників, що характеризують хлібопекарські властивості, належать вміст білка, кількість і якість сирої клейковини, число падіння та газоутримувальна здатність тіста. Вміст білка та клейковини визначає об'єм і пористість хліба, а число падіння характеризує активність амілолітичних ферментів і ступінь проростання зерна.

Основні класоутворюючі показники якості зерна м'якої пшениці за ДСТУ 3768:2019 наведені у табл. 4.3.

Таблиця 4.3. Показники якості зерна м'якої пшениці (за класами)

Показник	1 клас	2 клас	3 клас	4 клас
Натура, г/л, не менше	775	750	730	не нормується
Склоподібність, %, не менше	50	40	не нормується	не нормується
Вологість, %, не більше	14	14	14	14
Зернова домішка, %, не більше	5,0	8,0	8,0	15,0
Сміттева домішка, %, не більше	1,0	2,0	2,0	3,0
Число падіння, с, не менше	220	220	180	не нормується

Натура характеризує щільність зернової маси і впливає на вихід борошна. Склоподібність визначає твердість ендосперму та ефективність подрібнення. Вологість впливає на збереженість зерна і режими кондиціонування. Зернова домішка включає биті, пророслі та зерна інших культур. Сміттева домішка складається з мінеральних і органічних сторонніх включень. Число падіння характеризує ферментативну активність зерна.

На борошномельні заводи поступають партії зерна якості, що істотно розрізняються за показниками: типу, скловидності, вмісту білка, клейковини, золи і так далі, що обумовлене біологічними особливостями різних сортів

зерна і різними ґрунтово-кліматичними і агротехнічними умовами його вирощування.

У разі переробки кожної партії зерна окремо виникає необхідність, при переході від однієї партії до іншої, налаштовувати режими роботи устаткування як підготовчого, так і розмельного відділень. Це приводить до порушення стабільності технологічного процесу, ускладнення умов експлуатації устаткування, отримання борошна, що істотно розрізняється за якістю і навіть іноді нестандартної за якістю. Можуть бути такі партії зерна, самотійна переробка яких не забезпечить випуск стандартної за якістю борошна. Тому на борошномельних заводах формуються крупні помольні партії постійної якості на термін не менше 10-15 діб шляхом змішування різних початкових партій зерна (компонентів).

Формування помельних партій зерна – це початковий етап його підготовки до помелу на борошномельному заводі, який ефективно впливає на хлібопекарські властивості борошна і хліба, як результат складних біохімічних процесів, які протікають при випічці хліба. При змішуванні зерна вирішальну роль грає біологічний чинник змішувальної цінності пшениці, тобто здатність окремих партій зерна при змішуванні з пшеницями гіршої якості покращувати властивості зернової суміші і особливо хлібопекарські властивості. Часто хлібопекарські властивості сумішей перевершують розрахункові, оскільки в цьому випадку набувають чинності біологічний чинник. Таким чином, існує практична можливість утворення ефективної зернової суміші шляхом підбору відповідних партій зерна як компонентів суміші.

Для формування ефективних помельних партій зерна на борошномельному заводі необхідно виконати наступні заходи:

- забезпечити роздільне зберігання окремих партій зерна, що розрізняються по типах, районах зростання, скловидності, вмісту і якості клейковини, вологості;
- визначити об'єм помельної партії і скласти рецептуру суміші;

- забезпечити роздільну підготовку компонентів суміші;
- здійснити остаточне формування помельної партії зерна після завершення основного етапу кондиціонування.

Об'єм помельної партії зерна формують, виходячи з добової продуктивності мукомельного заводу і заданого часу роботи (10-15 діб.)

Завдання по проєкту: необхідно скласти двокомпонентну помельну партію пшениці за склоподібністю. Склоподібність першої вихідної партії – 56 %, а другої - 42 %. Тоді можна призначити скловидність суміші цих партій - 50 %.

Необхідно визначити, використовуючи метод обернених пропорцій, яке співвідношення вказаних вихідних партій повинно бути в суміші. Розрахунок наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4. Розрахунок помельної партії зерна з двох компонентів

№ п/п	Елементи розрахунку	Вихідні компоненти партії зерна	
		перший	другий
1	Склоподібність, %	56	42
2	Відхилення між фактичною скловидністю вихідних партій і заданою скловидністю суміші, %	6	8
3	Кількість частин кожного компонента в суміші	8	6
4	Сумарна кількість частин суміші	8+6=14	
5	Процентний вміст компонентів в помельній партії, %	57	43

Для перевірки правильності зробленого розрахунку за показником скловидності необхідно процент вмісту кожного компонента помножити на його скловидність, отриманні данні просумувати, потім розділити на 100%.

$$(56 \cdot 7257 + 42 \cdot 43) / 100 = 50 \%$$

Висновок: помельна партія розрахована вірно.

4.3 Обґрунтування схеми технологічного процесу

Технологічний процес виробництва борошна включає очищення зерна, кондиціонування, подрібнення та сортування продуктів помелу [2, 3, 4]. На етапі очищення видаляються домішки шляхом сепарації, аспірації та магнітного очищення. Кондиціонування передбачає зволоження зерна для підвищення еластичності оболонок і полегшення їх відокремлення.

Під час очищення зернової сировини основна увага приділяється максимально можливому видаленню шкідливих домішок із зернової маси, оскільки використання зерна та продуктів його переробки, що містять домішки понад допустимі нормативи, може становити небезпеку для здоров'я людей і тварин. Вибір способів очищення та необхідного технологічного обладнання ґрунтується на відмінностях фізичних і механічних властивостей зерна та сторонніх включень. Перевага надається методам, які забезпечують найбільш просте виконання процесу очищення з високою технологічною результативністю та економічною доцільністю.

Критерієм технологічної ефективності процесу очищення є співвідношення кількості домішок, видалених у відходи, до їх початкового вмісту в зерновій масі до початку очищення.

На борошномельні підприємства надходять партії зерна, які суттєво відрізняються за показниками якості, зокрема за склоподібністю, вмістом білка, кількістю та якістю клейковини, а також зольністю. Такі відмінності зумовлені біологічними характеристиками сортів зернових культур і різними ґрунтово-кліматичними умовами їх вирощування.

Перелік технологічних операцій очищення та підготовки зерна до помелу, а також їх послідовність визначаються вимогами до якості зерна для конкретного виду помелу та необхідністю оптимізації його технологічних властивостей. Кожна операція виконується із застосуванням відповідного технологічного обладнання.

Залежно від типу помелу та складу обладнання «Правила...» [5] регламентують набір технологічних процесів у зерноочисному відділенні

борошномельного підприємства та порядок їх виконання. Для зерна, призначеного для сортового помелу, процес підготовки є більш складним, оскільки до якості очищення висуваються підвищені вимоги.

Подача початкових партій зерна із зерносховища до зерноочисного відділення здійснюється, як правило, послідовно відповідно до розробленої рецептури помельної суміші. Партії зерна різної якості зберігають окремо в оперативних бункерах для неочищеного зерна. Їх місткість повинна забезпечувати безперервну роботу підприємства щонайменше протягом 50 годин. Це створює можливість формування проміжних помельних партій, які складаються з кількох початкових. Зазвичай формують дві або три такі партії, що відрізняються рівнем склоподібності пшениці. Необхідність їх створення обумовлена застосуванням різних режимів водно-теплової обробки.

Зважування зерна виконують автоматичними вагами МЕТК 058, показники яких використовують для оперативного обліку кількості зерна, що надходить на очищення та підготовку до помелу.

Зерно, яке направляється до зерноочисного відділення або на зберігання, повинно відповідати таким показникам якості:

- смітна домішка — не більше 2,0 %, у тому числі пошкоджені зерна — до 1,0 %, шкідливі домішки — не більше 0,2 %;
- вміст фузаріозних зерен — не більше 1 %;
- зернова домішка — до 5,0 %, зокрема пророслі зерна — не більше 3,0 %.

Первинне очищення зерна здійснюють на повітряно-ситових сепараторах MESM-100/150, призначених для відокремлення домішок, що відрізняються від основної культури за розмірами (шириною та товщиною) і аеродинамічними характеристиками. У процесі роботи крупні домішки видаляються сходом із сортувального сита, а легкі — через аспіраційний канал. Нормативна ефективність роботи сепараторів повинна становити не менше 65–75 %.

Після цього зерновий потік подають до каменевідбірної машини METM-100. Таке розташування обладнання пояснюється необхідністю попереднього вилучення легких і дрібних домішок, що підвищує ефективність видалення мінеральних включень.

Після видалення мінеральних домішок зерно надходить до трієрної групи METR 75D для відокремлення коротких і довгих домішок, а далі проходить через магнітні сепаратори, призначені для вилучення металоманітних частинок.

На цьому завершується етап первинного очищення та розпочинається очищення поверхні зерна в оббивних машинах MEKS 30/95. Після обробки зерно спрямовують до аспіраційного каналу МЕНК-50G для видалення пилу та легких частинок, що утворюються під час очищення оболонки зерна.

Далі зерно транспортується на верхній поверх. Очищений продукт подається на зволоження у шнек інтенсивного зволоження МЕСТ 30/150, після чого надходить у бункери для первинного відволоження. За необхідності технологічною схемою передбачено повторне зволоження та відволоження зерна.

Після завершення вторинного відволоження паралельні потоки зерна об'єднують у єдину помельну суміш за допомогою вагового обладнання та конвеєрів-змішувачів, після чого подальша підготовка здійснюється одним потоком.

Етап вторинного очищення включає повторне очищення поверхні зерна в оббивній машині MEKS-30/150, після чого зерно направляється у повітряний сепаратор МЕНК-100G для остаточного видалення дрібних і легких домішок.

Заключну водно-теплову обробку виконують у системі зволоження МЕУТ-30/100 та бункері короткочасного відволоження, що забезпечує підвищення вологості оболонок і збільшення їх міцності, а також створює оптимальні умови для подальшого процесу розмелу. У результаті такої обробки покращується розділення оболонкових частин і ендосперму зерна,

що сприяє підвищенню виходу борошна та покращенню його якісних показників.

Перед подачею підготовленого зерна на розмел'яне відділення його повторно зважують на автоматичних вагах МЕТК 058 з метою контролю кількості сировини, яка надходить у виробництво. Після цього зерно обов'язково пропускають через магнітні сепаратори для остаточного вилучення можливих металомагнітних домішок, що забезпечує захист технологічного обладнання від пошкоджень і гарантує безпечність готової продукції.

Таким чином, запропонована технологічна схема зерноочисного відділення забезпечує поетапне та ефективне видалення різних домішок, стабілізацію технологічних властивостей зерна і формування помельної партії з оптимальними показниками якості. Послідовне застосування сучасного технологічного обладнання дозволяє підвищити ефективність підготовки зерна до помелу, знизити втрати корисного зерна та забезпечити отримання борошна високої якості відповідно до встановлених стандартів.

Технологічний процес розмелу зерна здійснюється на заводі продуктивністю 10 т/год (240 т/доб). На заводі передбачено отримання трьох сортів борошна: вищого, першого, другого сорту, загальний вихід яких складає - 75%.

У схемі передбачено використання восьмивальцевих верстатів, в яких вальці встановлені на двох рівнях. Продукти подрібнення з вальців верхнього рівня без проміжного сортування одразу надходять на вальці нижнього рівня. Таким чином, в одному верстаті здійснюються операції, що раніше здійснювались на двох окремих системах (наприклад, I і II др. с).

При цьому добуток проміжних продуктів та борошна відповідає сумарному добутку цих продуктів при подрібненні на окремих системах в традиційній схемі. Два процеси просіювання замінені одним. Такі верстаті можна використати і для об'єднання деяких розмелювальних систем. Це

дозволяє значно збільшити питомі навантаження на вальцові верстати і розсійники.

Структура сортових хлібопекарських помелів пшениці з розвинутим збагаченням проміжних продуктів складається із п'яти етапів:

1. Первинне здрібнювання зерна (драний процес)
2. Сорткування проміжних продуктів
3. Збагачення проміжних продуктів на сито віяльних та шліфувальних системах
4. Тонке здрібнювання проміжних продуктів (розмельний процес)
5. Контроль борошна.

Первинне здрібнювання зерна призначається для вилучення максимально можливої кількості проміжних продуктів у вигляді крупок та дунстів, а також для вимелу оболонкових продуктів від залишків ендосперму і одержання висівок. Сорткування проміжних продуктів призначається для розділення продуктів, одержаних на етапі первинного здрібнювання зерна, на однорідні за крупністю і якістю фракції.

Збагачення на шліфувальних системах використовують для відокремлення часток оболонок, що зрослися з ендоспермом, від нього з наступним вилученням їх на ситовійках. Етап підрозділяють на два підетапи: збагачення крупок першої і другої якості. Тонке здрібнювання проміжних продуктів (розмельний процес) призначене для переробки збагачених крупок і дунстів у борошно, а також вимелу залишків ендосперму із оболонок до отримання висівок.

Контроль борошна призначається для вилучення із потоків борошна крупніших за частки борошна продуктів, які випадково попали у борошно при порушенні технологічного процесу і особливо при пориві борошнистих сит у розсійниках систем. Контроль борошна проводять окремо по кожному сорту.

Основне технологічне устаткування зосереджене на етапі розмелу проміжних продуктів: 64 % розмельювальної лінії вальцових верстатів і біля

40 % просіювальної поверхні розсійників. Співвідношення сортового борошна і проміжного продукту встановлюється залежно від якості сорту борошна, що формується.

Побудова технологічної схеми повинна проводитись відповідно до вимог «Правил...» [5].

Етап первинного здрібнювання зерна скорочений і включає чотири системи здрібнювання з яких перша і друга розмішені в 8-вальцевому верстаті марки MERM 250×1000×8. III драна системи розділена на крупну і дрібну для роздільного здрібнювання сходових продуктів, що відрізняються за крупністю і добротностю.

Перші три драні системи є крупоутворюючими. Четверта драна система разом із вимелючими радіально-бичовими машинами забезпечує вимел ендосперму із оболонкових продуктів.

Отримані на крупоутворюючих системах проміжні продукти є продуктами першої якості, тобто вони близькі за якістю (зольністю) до якості зерна, що переробляється, або кращі його, тому що складаються в основному з ендосперму із залишками деякої кількості оболонок. Для одержання найбільшої кількості різноманітних фракцій проміжних продуктів у вигляді крупок, дунстів і борошна на крупоутворюючих системах застосовують такі модифікації схем розсійників, що дозволяють вивести з розсійника п'ять фракцій.

Отримані на крупоутворюючих системах проміжні продукти розподіляють для подальшого опрацювання в такий спосіб: крупну і середню крупки спрямовують роздільно на ситовіальні системи, а дрібну крупку разом із дунстами і частково мукою подають на сортувальні системи двома потоками, що відрізняються за якістю. Перший потік із I і II драних систем - кращий, його спрямовують на сортувальні системи № 1, а другий потік з III драної системи - на сортувальну систему № 2.

У розсійниках крупоутворюючих систем одержують також борошно, за винятком I та II драної системи, де бажано одержати найбільшу кількість

фракцій проміжних продуктів. Вимел оболонкових продуктів починають після III драної крупної системи. Спрямовують верхній сход на вимелюючу систему № 1 і 2. Проте основний вимел проводять на IV драній системі та вимелюючій системі № 3, що обслуговуються радіально-бичовими машинами.

Проміжні продукти крупоутворюючих систем і систем вимелу сортують на чотирьох системах, з яких перші три сортують суміш дрібної крупки, дунстів і частково борошна із крупоутворюючих систем, а четверта система сортує продукти вимелу оболонок після вимелюючих систем.

Сортування зазначених продуктів проводиться в розсійниках марки БРБіз великим набором мучних сит. При сортуванні продуктів крупоутворюючих систем виділяють жорсткий, м'який дунсти і дрібну крупку. Крупку спрямовують у ситовіальні машини.

Крупки і дунсти першої якості, отримані на етапах крупоутворення і сортування, збагачують на п'яти ситовіальних системах. Крупну крупку збагачують у ситовіальній системі № 1, середню - на системах № 2 і 4, суміш дрібної крупки й дунстів - на системі № 3. З перших трьох ситовіальних систем збагачені продукти спрямовують на 1-у розмельну або 1-у шліфувальну системи, а сходові продукти повертають на III драну дрібну систему.

Ситовіальні системи № 4 і 5 збагачують продукти спрямовують на 2-у розмельну і 2-у шліфувальну системи, а сходові продукти - на 7-у і 4-у розмельні системи, що опрацьовують сходові продукти.

У ситовіальних машинах закладена гнучка схема щодо напрямку як сходових, так і проходових продуктів. Передбачена можливість об'єднання сходових продуктів у напрямку від останнього сходового продукту до попереднього. Це пов'язано з розходженням у якості сходових продуктів. Найбільш високу зольність, а виходить, і низьку якість має верхній сходовий продукт у ситовіальній машині, тому до нього можна направити другий сход,

який має вищу якість за зольністю. Можливе аналогічне направлення третього сходу до другого.

Етап розмелу проміжних продуктів складається із 9 розмельних і 2 шліфувальних систем. Перша і друга розмельні системи встановлені в одному чотирьох пальцевому верстаті. На шліфувальні системи спрямовують тільки збагачені у ситовіальних машинах крупну і середню крупки. На 1-й шліфувальній системі опрацьовують в основному крупну крупку, а середню - на 2-й шліфувальній системі. Всі системи розмелу проміжних продуктів можна розділити на три групи, що відрізняються за якістю, продуктів які на них переробляють: перша група - 1, 2, 3-а розмельні системи; друга - 4, 5, 6 -а розмельні системи; третя - 7, 8, 9-а розмельні системи. При цьому на 1 і 2 р.с. передбачено встановлення 8-вальцьового верстату MERM 250×1000×8.

До першої групи систем відносять і обидві шліфувальні системи. Перша група систем переробляє крупки і дунсти першої якості, 1-а і 2-а розмельні системи переробляють кращі за якістю крупні і середні крупки, а трохи гірші із зростками оболонок направляються на 1-шу і 2-гу шліфувальні системи. Завдання шліфувальних систем - відділити частки оболонок від часток ендосперму з подальшим їх вилученням у розсійниках.

На 1-у розмельну систему спрямовують кращі за якістю крупку і частково середню крупку, на 2-у розмельну систему - середню і дрібну крупку, а на 3-ю і 4-у розмельні системи - дунст. 4-8 -а розмельні системи складають другу групу систем і переробляють продукти другої якості, із них 4-а і 7-а розмельні системи є сходовими: 4-а розмельна система опрацьовує сходові продукти систем першої якості, а 7-а розмельна система - продукти систем другої якості і ситовіальних машин. Дев'ята розмельна система - це система, що вимелює оболонкові продукти, які надходять із другої групи систем і систем вимелу етапу первинного здрібнювання зерна.

Проміжні продукти і продукти вимелу на кожній розмельній системі здрібнюють у два етапи до направлення у розсійники. Спочатку у вальцьових верстатах, а потім у ентолейторах (1, 2 і 3-я розмельні системи) або у

деташерах (інші розмельні системи). Такий технологічний прийом двоетапного здрібнювання дозволяє істотно підвищити ефективність здрібнювання в зв'язку з додатковою руйнацією конгломератів часток, що утворилися після вальцових верстатів, а також окремих часток, що знаходяться в стані початкового руйнування.

4.4 Розрахунок балансу помелу зерна

Контроль і аналіз технологічного процесу виробництва борошна найбільш повно можна провести на основі балансу помелу. Під балансом помелу розуміють рівність кількості (і якості) продуктів, які надходять на окрему систему, етап технологічного процесу або весь технологічний процес і продуктів, які виходять з цієї ж системи, етапу або всього технологічного процесу. Тому розрізняють баланси системи, етапу, загальний баланс технологічного процесу.

Баланс помелу являє собою рівність кількісних або кількісно-якісних показників продуктів, які надходять на окрему систему, етап технологічного процесу або весь технологічний процес, і продуктів, що виходять з цієї ж системи, етапу або всього технологічного процесу. У зв'язку з цим розрізняють баланси системи, етапу, загального технологічного процесу, а також кількісні і кількісно-якісні баланси.

У кількісному балансі відображають кількість продуктів, що надходять до систем, етапів, загального технологічного процесу і виходять з них. Баланс виражають у відсотках.

При складанні балансу помелу попередньо накреслимо шахову таблицю в строгій відповідності до структурної схеми технологічного процесу, розподіливши її за системами і етапами. У таблиці зробимо відмітки (проставити крапки в клітинках), які вказують, куди надходить продукт після системи у відповідності до конкретної схеми технологічного процесу.

Для цього складаємо шахову таблицю, де в перший стовпчик по вертикалі вносимо усі системи схеми, починаючи з I драної і закінчуючи системами «контролю борошна». У таблицю по горизонталі записуємо всі

системи, що і по вертикалі, крім I драної, замість I драної записуємо навантаження, %. Крім систем технологічного процесу в таблиці по горизонталі передбачаємо також стовпчики готової продукції (мука по сортах і висівки). При проектуванні балансу використовуємо «Норми...» та «Правила...», у яких наведені нормативно-довідкові дані про режими роботи систем мукомельного заводу [3, 4, 5]:

- а) загальне вилучення на драних системах;
- б) часткове вилучення крупок, дунстів і борошна на драних системах;
- в) співвідношення продуктів, отриманих на вимельних системах;
- г) режим роботи ситовіальних систем (співвідношення проходів і сходів) стосовно до крупок різного класу крупності;
- д) співвідношення продуктів, отриманих на шліфувальних системах;
- е) вилучення борошна на системах у розмельному процесі;
- ж) кількість сходових продуктів із систем контролю борошна по сортах.

Навантаження на I драну систему приймаємо таким, що дорівнює 97,1 %, що відповідає базисній кількості підготовленого в зерноочисному відділенні зерна, яке направляється на помел.

Визначивши кількість продуктів на системі, розраховуємо її режим роботи і порівнюємо його з нормативним. При невідповідності режимів баланс системи переробляємо. Навантаження на наступну систему визначаємо за сумою продуктів у відповідній колонці.

Борошно контролюємо за потоками. Сходові продукти з контрольних розсійників в кількості не більше 1-3 % від навантаження на контрольні розсійники повертаємо в розмельний процес.

Необхідно дотримуватися заданих режимів роботи систем. Під режимом системи розуміють вихід і якість продуктів, що здобуваються, характерних даних системі.

Вибір режиму системи технологічного процесу залежить від структурно-механічних властивостей зерна (вологості, твердості,

скловидності тощо); технічної характеристики робочих органів вальцових верстатів (діаметра вальців, колової швидкості вальців, числа рифлів та їх взаємного розташування, співвідношення колових швидкостей вальців, величини зазору між вальцями, розмірів отворів сит в просіючих машинах, навантаження на них та інших факторів).

Складений баланс помелу перевіряємо за рівністю сумарного виходу борошна і висівок з навантаженням на I драну систему, а також за виходом борошна і висівок у драному процесі.

Дані кількісного балансу використовуємо для розрахунку необхідного технологічного і транспортного обладнання, а також бункерів для зерна, борошна і висівок.

Баланс борошна містить відомості про величину добутку борошна з кожної із технологічних систем і зольність кожного потоку. При розрахунку кількісно-якісного балансу готової продукції спочатку визначаємо середньозважені показники по кожному потоку борошна, висівок і манної крупи, перемножуємо кількість даного потоку продукту на показник його якості, а потім отримані результати складаємо роздільно по всіх потоках борошна, висівок і манної крупи і ділимо на сумарну кількість цих потоків. В основу проектування кількісно-якісного балансу за зольністю покладена рівність між кількістю умовних одиниць золи зерна (золопроцентів), що надійшло на I драну систему, і сумарної кількості умовних одиниць золи борошна усіх сортів, манної крупи та висівок, отриманих у результаті переробки зерна:

$$A \cdot z_{\zeta} = a_{\hat{a}\hat{n}} \cdot z_{\hat{a}\hat{n}} + a_{1\hat{n}} \cdot z_{1\hat{n}} + a_{2\hat{n}} \cdot z_{2\hat{n}} + a_{\hat{a}\hat{e}\hat{n}} \cdot z_{\hat{a}\hat{e}\hat{n}}, \quad (4.1)$$

де A , $a_{\text{вс}}$, $a_{1\text{с}}$, $a_{2\text{с}}$, $a_{\text{вис}}$ – кількість зерна, борошна вищого, першого, другого сортів та висівок, %;

z_z , $z_{\text{вс}}$, $z_{1\text{с}}$, $z_{2\text{с}}$, $z_{\text{вис}}$ – зольність зерна, борошна вищого, першого, другого сортів та висівок, %.

У табл. 4.5, 4.6, 4.7 та 4.8 наведено складання якісного балансу за зольністю для борошна вищого, першого, другого сортів та висівок.

При розробці кількісно-якісного балансу складаємо баланс (в умовних одиницях золи по кожному виду готової продукції, використовуємо дані кількісного балансу – вилучення борошна по системах, а також орієнтовні показники зольності потоків пшеничної борошна, які наведені у літературі.

Таблиця 4.5 Розрахунок середньозваженої зольності борошна вищого сорту

Система	Вилучення борошна a_i , %	Зольність борошна z_i , %	Золопроценти $a_i * z_i$, %%
C1	8,1	0,58	4,70
C2	2,9	0,55	1,60
1шл.	1,8	0,52	0,94
2шл.	3,5	0,51	1,79
1+2р.с	19,4	0,51	9,89
3р.с	14,1	0,54	7,61
5р.с	5,2	0,56	2,91
6р.с	3,5	0,59	2,07
к.м.в/с	58,5	0,54	31,51
Схід з контр.	0,5	0,80	0,40
М в/с	58,0	0,54	31,11

Таблиця 4.6 Розрахунок середньозваженої зольності борошна першого сорту

Система	Вилучення борошна a_i , %	Зольність борошна z_i , %	Золопроценти $a_i * z_i$, %%
Шкр.	2,3	0,65	1,50
Шдр.	2,5	0,62	1,55
IVдр.с.	2,7	1,01	1,72
C3	3,0	0,91	2,73
4р.с	1,8	0,63	1,76
к.м.1/с	12,3	0,75	9,26
Схід з контр.	0,3	1,25	0,38
М 1/с	12,0	0,74	8,88

Таблиця 4.7 Розрахунок середньозваженої зольності борошна другого сорту

Система	Вилучення борошна a_i , %	Зольність борошна z_i , %	Золопроценти $a_i * z_i$, %%
7р.с	1,7	1,03	1,75
8р.с	2,0	1,13	2,26
9р.с	1,3	1,25	1,63
М 2/с	5,0	1,13	5,64

Таблиця 4.8 Розрахунок середньозваженої зольності висівок

Система	Вилучення висівок a_i , %	Зольність висівок. z_i , %	Золопроценти $a_i * z_i$, %%
Вим.2	3,7	5,45	20,17
Вим.3	5,5	6,19	34,05
СЗ	3,5	4,49	15,72
4р.с	1,8	4,16	3,33
8р.с	2,4	5,13	12,31
9р.с	5,2	5,61	29,17
висівки	22,1	5,44	114,75

Визначаємо зольність зерна за формулою:

$$Z_z = (22,1 * 5,44 + 58 * 0,54 + 12,0 * 0,74 + 5,0 * 1,13) / 97,1 = 1,65 \%$$

Отже, в результаті розробки якісного балансу отримали готову продукцію з наступною зольністю: борошно вищого сорту – 0,54 %; борошно першого сорту – 0,74 %; борошно другого сорту – 1,13 %; висівки – 5,44 %; зольність зерна перед I др.с. – 1,65 %.

4.5 Підбір та розрахунок технологічного обладнання

Вихідними даними для розрахунку і підбору технологічного обладнання є виробнича потужність мукомельного заводу, технологічна схема підготовки зерна, марка і продуктивність технологічного обладнання.

Розрахунок і підбір технологічного обладнання виконують у послідовності, наведеній графічно у вигляді схеми технологічного процесу. Визначаючи місткість і кількість бункерів, для розрахунків використовують зазначену в завданні виробничу потужність борошномельного заводу

($Q=240$ т/добу).

При розрахунку і підборі технологічного обладнання підготовчого відділення виробничу потужність підвищують на 10...20 % з метою забезпечення стабільності роботи розмельного відділення.

$$Q_{з.оч.} = k \cdot Q \quad (4.2)$$

де k – коефіцієнт підвищення виробничої потужності, який приймають у межах діапазону 1,1...1,2;

Q – виробнича потужність мукомельного заводу, т/доб;

$Q_{з.оч.}$ – виробнича потужність підготовчого відділення, прийнята для розрахунку технологічного обладнання, т/доб.

$$Q_{з.оч.}=1,2 \cdot 240=288 \text{ т/доб}$$

Місткість бункерів для неочищеного зерна на борошномельних заводах повинна забезпечити безперервну роботу заводу протягом 30...50 год.

Місткість бункерів для кондиціювання зерна на борошномельних заводах дорівнює сумарно 48 год для першого і другого відволоження, з яких перше відволоження в бункерах здійснюється $\tau=36$ год, а друге відволоження – $\tau=12$ год.

Кількість бункерів n визначають за формулою:

$$n = \frac{Q \cdot \tau}{24 \cdot \gamma \cdot \eta \cdot a \cdot b \cdot h}, \quad (4.3)$$

де Q – задана виробнича потужність мукомельного заводу, т/доб;

τ – час перебування зерна в бункерах, год;

γ – об'ємна маса зерна: для пшениці 0,75 т/м³, для жита 0,70 т/м³;

η – коефіцієнт використання будівельного об'єму бункерів (0,85...0,95);

a, b – розміри бункера на плані поверху (довжина і ширина, дорівнюють 3x3 м² для неочищеного зерна; 1,5x1,5 м² – при відволоженні);

h – висота бункера, яку приймають у залежності від поверховості підприємства. У даному проєкті висота бункерів дорівнює трьом поверхам, тобто 14,4 м.

Кількість бункерів для неочищеного зерна:

$$n = \frac{240 \cdot 50}{24 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 14,4} \approx 6$$

Кількість бункерів, визначену розрахунковим шляхом, погоджують з компоновальним рішенням підготовчого відділення (ширина підготовчого відділення, кількість рядів бункерів, кількість бункерів у ряді і т.п.).

Кількість бункерів для першого відволоження:

$$n = \frac{240 \cdot 36}{24 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 14,4} \approx 18$$

Кількість бункерів для другого відволоження:

$$n = \frac{240 \cdot 12}{24 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 14,4} \approx 6$$

Бункер перед I др. системою:

$$n = \frac{240 \cdot 0,5}{24 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 4,8} \approx 1$$

Місткість одного бункера E_6 (т) визначають діленням загального запасу в бункерах на їх кількість:

$$E_6 = \frac{Q \cdot \tau}{24 \cdot n}, \quad (4.4)$$

Місткість бункерів для неочищеного зерна:

$$E_6 = (240 \cdot 50) / 24 = 500 \text{ т}$$

Місткість бункерів для першого відволоження:

$$E_6 = (120 \cdot 36) / 24 = 180 \text{ т}$$

Місткість бункерів для другого відволоження:

$$E_6 = (240 \cdot 12) / 24 = 120 \text{ т}$$

Місткість бункера перед I др. системою:

$$E_6 = (240 \cdot 0,5) / 24 = 5 \text{ т}$$

Кількість машин згідно зі схемою очищення і підготовки зерна, визначають у графічно наведеній послідовності, використовуючи формулу:

$$n = \frac{q_{зоч}}{q_m}, \quad (4.5)$$

де $q_{зоч}$ – продуктивність підготовчого відділення, т/год (продуктивність заводу $288/24=12$ т/год, продуктивність потоку на первинній очистці зерна $288/(24 \cdot 2)=6$ т/год);

q_m – паспортна продуктивність машини, т/год.

При розрахунку обладнання підготовчого відділення слід враховувати, що сито-повітряні сепаратори, аспіратори, каменевідбірні машини, зволожуючі апарати, трієри можуть ефективно працювати при перевантаженні не більш, ніж на 20 %, а для оббивних і луцильних машин перенавантаження допускається не більше 10 %.

Таблиця 4.9. Розрахунок кількості обладнання у зерноочисному (підготовчому) відділенні млина

Найменування технологічного устаткування	Продуктивність заводу (поток), т/год	Продуктивність машини, т/год	Розрахункова кіль-кість машин	Прийняте число машин на один потік, шт
Сито-повітряний сепаратор MESM 60/150	6	6	1	1
Каменевідбірник METM-100	6	6	1	1
Трієрна група METR-75D	6	6	1	1
Оббивальна машина MEKS 30/95	6	6	1	1
Повітряний канал MENK 50G	6	6	1	1
Зволожуюча машина MECT 30/150	6	6	1	1
Оббивальна машина MEKS 30/150	12	8	2	2
Магнітний сепаратор MEBM-120	12	11	1,09	1
Зволожуюча машина MEYT-30/100	12	10	1,2	1
Повітряний канал MENK 100G	12	12	1	1

Підбір і розрахунок обладнання розмелювального відділення проводимо після складання схеми і кількісного балансу помелу. Визначаємо кількість вальцових верстатів, розсійників та ситовіальних машин.

Таблиця 4.10. Розрахунок вальцової лінії

Система	Балансове навантаження на систему		Нормативне навантаження на 1 см вальцової лінії $q_{нн}$, кг/доб	Довжина вальцової лінії, см		Прийнята кількість верстатів n_i	Типорозмір верстата, см	Фактичне навантаження на 1 см вальцової лінії $q_{нф}$, кг/доб	нормативне навантаження на систему
	a_i , %	q_i , кг/доб		розрахункова	фактична				
				l_p	$l_{ф}$				
I+II др.с.	97,1	233040	600	769	800	2,0	2x100x25	577	560-630
IIIкр.	21,3	48720	400	122	200	1,0	100x25	244	300-385

Шдр.	18,1	43440	250	174	200	1,0	100x25	217	250-300
IVдр.с.	15,5	34800	250	139	200	1,0	100x25	174	250-300
1шл.	7,2	17280	250	69	100	0,5	100x25	173	250-300
2шл.	7,5	18000	250	72	100	0,5	100x25	180	225-300
1+2р.	30,4	72960	180	811	800	2,0	2x100x25	182	150-225
3р.	23,2	55680	300	186	200	1,0	100x25	278	250-320
4р.	12,9	30960	190	163	200	1,0	100x25	155	190-240
5р.	10,5	25200	175	144	200	1,0	100x25	126	175-225
6р.	8,2	19680	225	87	100	0,5	100x25	197	165-250
7р.	7,7	18480	250	74	100	0,5	100x25	185	250-360
8р.	6,6	15840	250	63	100	0,5	100x25	158	200-250
9р.	6,5	15600	200	78	100	0,5	100x25	156	200-250
Всього					3400	13,0			

Приймаємо 4 вальцові верстати MERM-2x250x1000 та 9 верстатів MERM-250x1000.

Проводимо розрахунок фактичного середнього питомого навантаження на загальну довжину вальцової лінії.

$$Q_{\text{вл}} = 240 \cdot 1000 / 3400 = 70,6 \text{ кг/см} \cdot \text{доб}$$

Фактичне питоме навантаження на вальцову лінію не перевищує рекомендовані значення 65-75 кг/см*доб

Таблиця 4.11. Розрахунок просіювальної поверхні розсіюників

Система	Балансове навантаження на систему		Нормативне навантаження на 1 секцію розсіюника $q_{\text{нн}}$, т/доб	Кількість секцій		Марка розсіюника	Фактичне навантаження на 1 секцію розсіюника $q_{\text{фн}}$, т/доб	нормативне навантаження на систему
	a_i , %	q_i , кг/доб		розрахункова піф	фактична піф			
I+II др.с.	97,1	233040	60	3,8	4	MESP-824	58	56-63
IIIкр.	21,3	48720	44	1,1	2	MESP-824	24	44-53
IIIдр.	18,1	43440	25	1,7	2	MESP-824	22	25-30
IVдр.с.	15,5	34800	28	1,2	2	MESP-824	17	25-33
C1	24,6	59040	21	2,8	4	MESP-824	20	21-30
C2	7,7	18480	21	0,9	1	MESP-824	18	21-30
C3	7,5	18000	25	0,7	1	MESP-824	18	13-36
1шл.	7,2	17280	25	0,7	1	MESP-824	17	25-30
2шл.	7,5	18000	22	0,8	1	MESP-824	18	22-30
1+2 р.с.	30,4	72960	38	1,9	2	MESP-824	36	38-52
3 р.с.	23,2	55680	35	1,6	2	MESP-824	28	35-40
4 р.с.	12,9	30960	20	1,5	2	MESP-824	15	20-45

5 р.с.	10,5	25200	17	1,5	2	MESP-824	13	17-23
6 р.с.	8,2	19680	16	1,2	2	MESP-824	10	16-27
7 р.с.	7,7	18480	25	0,7	2	MESP-824	18	25-36
8 р.с.	6,6	15840	25	0,6	1	MESP-824	16	25-30
9 р.с.	6,5	15600	20	0,8	1	MESP-824	16	20-27
к.м.в/с	58,5	140400	50	2,8	3	MESP-424	47	40-60
к.м.л/с	12,3	29520	51	0,6	1	MESP-424	30	40-61
Всього				26,6	34			36

В результаті проведених розрахунків отриманої кількості розсійників MESP-824– 4 шт. і розсійник MESP-424– 1 шт.

Проводимо розрахунок питомого навантаження на просіюючи поверхню :

$$Q_{\text{пр.п}}=240*1000/(36*4,7)=1418 \text{ кг/м}^2*\text{доб}$$

Фактичне навантаження на просіювальну поверхню розсійників не значно перевищує рекомендовані 1300-1400 кг/м²*доб.

Таблиця 4. 12. Розрахунок ситової поверхні ситовіальних машин

Система	Балансове навантаження на систему		Нормативне навантаження на 1 см ширини сита $q_{\text{бін}}$, кг/доб	Ширина приймального сита, см		Прийнята кількість ситовійок n_i	Марка ситовійки	Фактичне навантаження на 1 см ширини сита $q_{\text{біф}}$, кг/доб	нормативне навантаження на систему
	a_i , %	q_i , кг/доб		розрахункова $b_{\text{ір}}$	фактична $b_{\text{іф}}$				
В.1 (кр.кр.)	21,1	50640	650	78	80	1,0	MEPR-46/200	633	600-700
В.2 (ср.кр.)	17,6	42240	550	77	80	1,0	MEPR-46/200	528	500-600
В.3 (др.кр.)	9,3	22320	300	74	80	1,0	MEPR-46/200	279	300-400
В.4 (ср.кр.)	6,4	15360	500	31	40	0,5	MEPR-46/200	384	500-600
В.5 (др.кр.)	3,1	7440	300	25	40	0,5	MEPR-46/200	186	300-400
Всього					320	4,0			

Розраховуємо фактичне питоме навантаження на ситовіальну поверхню:

$$Q_{\text{св}}=240*1000/320=681,3 \text{ кг/см}*\text{доб}$$

Фактичне навантаження на ситову поверхню ситовіальних машин незначно перевищує рекомендовані значення 500-600 кг/см*доб.

4.6 Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва. Застосування системи НАССР

Основним завданням технохімічного контролю є визначення якості наявного на підприємстві зерна та розробка прогнозу і заходів його ефективного використання при переробці в борошно, а також визначення якості готової продукції.

Технохімічний контроль зернових продуктів на підприємстві здійснює лабораторія, яка після визначення якості зерна, що надходить на підприємство, контролює його розміщення у зерносховищах; здійснює нагляд за якістю зерна в зерносховищах; проводить лабораторні помели при складанні рецептури помельних партій; розробляє розрахунковий вихід готової продукції і відходів із прийнятої до помелу партії зерна; визначає ефективність очистки і підготовки зерна до помелу; розробляє еталони борошно з кожного сорту і збагачених крупок, відповідно до прийнятої помельної партії зерна; визначає якість виробленої готової продукції і видає сертифікат її якості. Дані про якість зерна і готової продукції, окрім прямого призначення для їх характеристики, використовуються і при управлінні технологічними процесами для підбору і обґрунтування відповідних режимів переробки зерна на різних етапах технологічного процесу виробництва борошна.

Основними показниками технологічних властивостей зерна в борошномельному виробництві, які необхідно визначити щоб спрогнозувати його ефективну переробку в борошно наступні: показники, які характеризують загальний стан зернової маси, такі як: смак, запах, колір; вологість, засміченість сміттевою і зерною домішками, зараженість, кількість дрібної фракції зерна; скловидність; натура (об'ємна маса); крупність; вирівненість за крупністю; вміст і якість клейковини.

Показники якості виробленої продукції характеризуються такими показниками: крупність помелу, зольність або колір борошно, кількість та якість клейковини. Ці стандарти обов'язкові і є стандартними.

Зерно повинно бути свіжим без сторонніх запахів, затхлості, пліснявілості, солодового і інших не властивих нормальному зерну запахів. Важливим показником є засміченість різними домішками особливо зернівками інших культур і недозрілими зернівками основної культури, вилучення яких викликає відповідні труднощі.

Визначення перелічених показників якості зерна дозволяє підібрати необхідні технологічні режими обробки зерна і максимально використати виповненість зерна. Також це дозволяє підібрати правильне обладнання, знизити втрати в зерні, та знизити витрати електроенергії, а в першу чергу підвищити якість продукції та забезпечити високий рівень управління виробництвом.

Борошно - це продукт розмелу зерна, що використовується для виробництва хліба, хлібних, макаронних і кондитерських виробів. Харчова і споживча цінність борошна і виробів з неї визначається хімічним складом, а також хлібопекарською і макаронною достойністю, які в свою чергу залежать від технологічних властивостей зерна і умов організації і функціонування технологічних процесів на борошномельних заводах. Тому мука одного і того ж сорту вироблена на різних заводах неоднорідна за хімічним складом, фізичними, біохімічними і хлібопекарськими властивостями. При цьому основний вплив на якість муки проявляють технологічні властивості зерна.

При сортових помелах пшениці високі сорти борошна вміщують менше білка, жиру, клітковини, пентозанів, золи і сахарів у порівнянні з борошном низьких сортів (2 сорт, обдирна, оббивна) при одночасному збільшенні в них крохмалю. Це пояснюється тим, що мука високих сортів формується із внутрішніх шарів ендосперму, які складаються в основному із крохмалю і клейковинних фракцій білка.

Тому пшеничне борошно високих сортів, особливо першого сорту, вміщує високу кількість клейковини.

Борошно високих сортів складається із часток найбільш високої густини, оскільки крохмаль серед інших компонентів має найвищу густину.

Ця мука виробляється при тонкому здрібнюванні збагачених проміжних продуктів і просіюванні на густих ситах, що забезпечує найменший середній розмір її часток. В ній менше водорозчинних речовин із-за високого вмісту нерозчинних у воді клейковинних білків. Борошно високих сортів, як пшенична, так і житня, містить найменшу кількість вітамінів груп В і мінеральних речовин, які знаходяться у периферичних частинах зерна і при його розмелі попадають в низькі сорти муки і висівки.

Харчова цінність борошна, окрім хімічного складу, визначається ще й калорійністю, засвоюваністю і повноцінністю вироблених з неї харчових продуктів. Калорійність 100 г пшеничного борошна 329 ккал. Хліб і інші вироби із борошна є повноцінними продуктами харчування, тому що вміщують повний комплекс необхідних людині харчових речовин, які до того ж ще й добре засвоюються. Особлива роль при цьому відводиться вітамінам, мінеральним і іншим речовинам, які містяться в зерні. Для забезпечення однорідності борошна різних сортів за якістю нормують деякі її ознаки і показники: зольність, крупність помелу, вміст і якість клейковини і колір. Ці ознаки і показники включені у відповідні стандарти на борошно різних сортів і їх вважають обов'язковими при виробництві борошна і оцінці її якості.

Для забезпечення конкурентно-спроможної продукції, в сучасних умовах на підприємстві доцільно встановити систему НАССР.

Впровадження системи НАССР – можливість управління безпекою харчових продуктів і попередження випадків отруєння їжею. Отруєння продуктами харчування може відбутися на місцевому рівні або викликати широко поширені захворювання і подальші проблеми.

Концепція НАССР передбачає систематичну ідентифікацію, оцінку і управління небезпечними чинниками, які істотно впливають на безпеку продукції. Вона орієнтує персонал на системне визначення і виконання застережливих дій.

Система базується на 7 принципах:

Принцип 1. Проведення аналізу небезпечних чинників, які пов'язані з виробництвом харчових продуктів, на всіх стадіях життєвого циклу, починаючи з розведення або вирощування і закінчуючи постачанням продукції кінцевому споживачеві, включаючи стадії обробки, переробки, зберігання і реалізації. Виявлення умов виникнення небезпечних чинників і проведення заходів, необхідних для їх контролю.

Принцип 2. Визначення критичних точок етапів (операцій) технологічного процесу, в яких повинен здійснюватися контроль для усунення небезпечних чинників або мінімізації можливостей їх появи. Під «етапом (операцією)» розуміється будь-яка стадія виготовлення харчових продуктів, включаючи сільськогосподарське виробництво, постачання сировини, підбір інгредієнтів, переробку, збереження і транспортування, складування і реалізацію.

Принцип 3. Визначення критичних меж, яких слід дотримуватися для того, щоб упевнитися, що критична точка знаходиться під контролем.

Принцип 4. Розробка системи моніторингу, яка забезпечує контроль в критичних точках технологічного процесу за допомогою виконання запланованих випробувань або спостережень.

Принцип 5. Розробка корегуючих дій, які повинні здійснюватися, якщо результати моніторингу свідчать, що в певній критичній точці контроль не здійснюється.

Принцип 6. Розробка процедур перевірки, які дозволяють упевнитися в ефективності функціонування системи.

Принцип 7. Документування всіх процедур і даних, які є в системі.

Особливістю системи НАССР є те, що при її допомозі детально вивчається кожен крок (етап) у виробництві, зберіганні і доставці їжі, виявляються специфічні ризики і небезпеки, упроваджуються ефективні методи контролю і моніторингу. Дана система є ефективним засобом управління в цілях захисту процесів від біологічних (мікробіологічних),

хімічних, фізичних факторів ризику забруднення, інших негативних чинників.

4.7 Охорона праці

На борошномельних підприємствах є важливим створення комфортних умов для працюючого персоналу. Комфортні умови створюються при оптимальних значеннях факторів існування, що забезпечують високу працездатність людини і добре самопочуття.

На підприємстві повинні суворо контролювати вміст пилу в повітрі, так як їх відносять до II категорії вибухонебезпечних підприємств.

Світло – один із суттєвих чинників виробничого середовища, завдяки якому забезпечується зоровий зв'язок працівника з його оточенням. Відомо, що біля 80 % всієї інформації про навколишнє середовище надходить до людини через очі – наш зоровий апарат. Правильно організоване освітлення позитивно впливає на діяльність центральної нервової системи, знижує енерговитрати організму на виконання певної роботи, що сприяє підвищенню працездатності людини, продуктивності праці і якості продукції, зниженню виробничого травматизму.

Розташування та компонування основного і допоміжного технологічного обладнання відповідає таким вимогам:

- поперечні і повздовжні проходи, які пов'язані з евакуаційними виходами на сходову драбину та проходи між групами машин і станків мають ширину не менше 1,0 м;
- вальцові верстати встановлюють групами;
- між стінами виробничих будівель і розсійниками проходи не менше 1,25 м; між 6 та 8-приймальними розсійниками при дворядному повздовжньому розташуванні розсійників цього типу проходи становлять шириною не менше 1,15 м по їх короткій і довгій сторонам;
- не можна встановлювати групами розсійники, сепаратори, оббивальні машини, тому що до нього потрібний підхід для обслуговування;

- з бокових сторін ситовіальних машин проходи становлять не менше 0,8 м, вільні від аспіраційних трубопроводів;

- висота проходу для конвеєрів у виробничих приміщеннях без наявності робочих місць складає не менше 2,0 м;

- обладнання, яке не має рухомих частин: трубопровід, матеріалопровід, норійні труби розміщується (своїми сторонами, які не потребують обслуговування) біля стін і колін з розривом від них не менше 0,25 м.

В залежності від категорії приміщень за чинниками виробничого середовища і з небезпеки ураження електрострумом, електробезпека при реалізації технології забезпечується:

- ізоляцією струмопровідних частин (подвійна ізоляція дротів);

- недоступністю струмоведучих частин (пакетні аварійні вимикачі; розміщення дротів на висоті, недосяжній для ненавмисного доторкання до них різного роду пристосуваннями; прокладання дротів по підлозі у металевих рукавах чи у просторі над підвісною стелею або заховання проводки у стінах);

- захисним заземленням конструкцій, що можуть виявитися під напругою;

- застосуванням написів, плакатів, засобів індивідуального захисту (діелектричних килимків);

Відповідно до зазначеного заземлені:

- неструмопровідні частини електричних машин, апаратів, трансформаторів;

- каркаси розподільчих щитів, шаф, щитів управління, а також їх знімні частини і частини, що відкриваються, якщо на них встановлено електрообладнання напругою більше 42 В змінного і більше 110 В постійного струму;

- металеві конструкції розподільчих пристроїв, металеві кабельні коробки й інші кабельні конструкції, металеві кабельні муфти, металеві гнучкі рукави і труби електропроводки, електричні світильники;

- металоконструкції виробничого обладнання, на якому є споживачі електроенергії.

Не заземлені неструмопровідні частини електроустановок, розміщених на заземлених металоконструкціях, за умови надійного контакту між ними, за винятком електроустановок, що експлуатуються у вибухонебезпечних зонах.

Отже, технологічне обладнання, що розміщене на металоконструкціях повинне бути заземлене та електричні дроти повинні мати подвійну ізоляцію.

До первинних засобів пожежогасіння відносяться: вогнегасники; пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати); пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо). Кожне приміщення, відділення, цех, транспортні засоби повинні бути забезпечені такими засобами.

Рекомендовані вогнегасні речовини залежно від класифікації пожежі: клас А (звичайні тверді горючі матеріали (дерево, вугілля, папір, гума тощо), горіння яких супроводжується або не супроводжується тлінням) – всі види вогнегасних речовин; клас Е (електроустаткування під напругою) – порошки, вуглекислота, хладони.

Основними шляхами евакуації з будівель є магістральні (генеральні) проходи, коридори та сходи. Евакуаційні шляхи і виходи є вільними, ні-чим не захащуються та забезпечують безпечну евакуацію всіх людей, які знаходяться в приміщенні будівель. Сходові клітки, внутрішні відкриті та зовнішні сходи, коридори, проходи забезпечені евакуаційним освітленням відповідно до вимог будівельних норм та правил улаштування електроустановок. Шляхи евакуації, що не мають природного освітлення постійно освітлюються електричним світлом. Ширина шляхів евакуації становить не менше 1 м, дверей – не менше 0,8 м. Висота проходу на шляхах евакуації має не менше 2 м. двері на шляхах евакуації відкриваються у напрямку виходу будівлі. Висота дверей становить не менше 2 м.

РОЗДІЛ 5 СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРАХУНКИ

5.1. Пневмотранспорт

Основним устаткуванням пневмотранспортних установок борошномельних заводів служать приймальні і живлячі пристрої, продуктопроводи, розвантажувачі, пиловіддільники для очищення відпрацьованого повітря, повітродувні машини.

Продукт з нагнітальних пневмотранспортних установок вивантажують в циклонах-розвантажувачах, які застосовують в зерноочисних відділеннях борошномельних заводів.

Послідовність проектування пневмотранспортних установок наступна:

а) вибір схеми і устаткування пневмотранспортної установки стосовно конкретних умов транспортування;

б) визначення точок завантаження і вивантаження зерна і зернових продуктів в пневмотранспортній установці;

в) визначення розрахункового навантаження на кожен продуктопровід;

г) підбір і розрахунок продуктопроводів і інших пристроїв пневмотранспортної установки;

д) компоновка продуктопроводів в окремій мережі; зняття площинних схем (розгортки) мереж і їх розрахунок;

е) розрахунок аспіраційної частини пневмотранспортної установки;

ж) розрахунок і підбір пиловіддільників, вентиляторів і ін. устаткування.

Вибір схеми і устаткування пневмотранспортної установки залежить від виду продукту, що транспортується, довжини переміщення, заданої продуктивності установки і інших чинників.

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.1				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Гнилянський О.М.			Розділ 5		Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник		Волощенко О.С.						59	
							ОНТУ, ТЗХ-41		
Консультант									
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.							

Визначення точок завантаження і вивантаження зерна і зернових продуктів проводять по їх комунікації. При цьому технологічне і пневмотранспортне устаткування розташовують так, щоб була забезпечена мінімальна довжина переміщення продуктів, уникаючи по можливості горизонтальних ділянок.

Розрахункове навантаження на кожен продуктопровід визначають по заданій продуктивності технологічної лінії. Підбір і розрахунок продуктопроводів, приймачів, живильників і розвантажувачів проводять по спеціальних методиках для визначення їх типорозмірів і гідравлічних опорів.

Компонують окремі продуктопроводи в мережі для забезпечення компактності установки завдяки сумісному очищенню відпрацьованого повітря в пиловіддільниках. Основний принцип компоновки – це близькість розташування продуктопроводів, а також однорідність продуктів, що транспортуються.

НПТУ призначені для горизонтального і вертикального переміщення зерна пшениці відповідно до схеми технологічного процесу очищення і підготовки зерна до помелу і розміщення технологічного устаткування.

НПТУ включають наступні елементи: повітродувну машину, воздуховод, пневмоприймач зі шлюзовим затвором, продуктопровід і розвантажувач.

Таблиця 5.1. Опис НПТУ у проєкті

Номер НПТУ	Переміщення продукту		Розвантажувач
	Точка завантаження зерна	Точка вивантаження зерна	
№1	Конвеєр № 1 (бункери для неочищеного зерна)	Ваги МЕТК 058 №1	Розвантажувач № 1
№2	Конвеєр № 2 (бункери для неочищеного зерна)	Ваги МЕТК 058 №2	Розвантажувач № 2
№3	Аспіраційна колонка МЕНК-60G №1	Зволожувач МЕСТ 30/150 №1	Розвантажувач № 3
№4	Аспіраційна колонка МЕНК-60G №2	Зволожувач МЕСТ 30/150 №2	Розвантажувач № 4

№5	Конвеєр № 5 (бункери основного відволожування зерна)	Зволожувач МЕСТ 30/150 №3	Розвантажувач № 5
№6	Конвеєр № 6 (бункери додаткового відволожування зерна)	Оббивна машина МЕКС-30/150	Розвантажувач №6
№7	Аспіраційна колонка МЕНК-100G	Зволожувач МЕУТ-30/100	Розвантажувач №7

5.2. Аспірація

На зернопереробних підприємствах технологічні процеси зазвичай супроводжуються великим виділенням пилу, тому вентиляційним установкам надається особливе значення.

Завдання аспірації на таких підприємствах полягає в:

- забезпеченні необхідних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату;
- запобіганні виникнення небезпечних виробничих факторів, що негативно впливають на здоров'я працівників;
- дотримання вимог технологічних процесів, що продовжують термін служби обладнання.

Особливу увагу при проектуванні зернопереробних підприємств слід приділяти систем аспірації підбору аспіраційного обладнання. Системи аспірації грають найважливішу роль в знепилення робочого простору, забезпечують профілактичні заходи, що запобігають виникненню пожеж, вибухів.

Таблиця 5.2. Розрахунок і компоновка аспіраційних мереж

Назва технологічного устаткування	Кількість устаткування	Витрата повітря, м³/год	Загальна витрата повітря, м³/год
Аспіраційна мережа №1			
Сепаратор MESM-100/150	2	80	160
Оббивна машина MEKS 30/95	2	6	12
Трієри METR 75D	2	20	40

Аспіраційна колонка МЕНК-60G	2	20	40
Всього			270
Фільтр – MEFM-39			
Вентилятор MEDA-5,5			
Аспіраційна мережа №2			
Конвеєри №1;2;5;6	4	5	20
Автоматичні ваги МЕТК 058	3	5	15
Повітряний сепаратор МЕНК-100G	1	80	80
Оббивна машина МЕКС-30/150	1	10	10
Всього			125
Фільтр – MEFM-26			
Вентилятор MEDA-4			
Аспіраційна мережа №3			
Каменевідбірні машини МЕТМ-100	2	80	160
Всього			160
Фільтр – MEFM-26			
Вентилятор MEDA-4			

Таблиця 5.3. Розрахунок витрат повітря для аспірації ситовіальних машин

Система	Кількість секцій	Витрата повітря, м ³ /хв
В 1	2	60
В 2	2	60
В 3	2	60
В 4	1	40
В 5	1	40
Всього	8	Σ=260
Фільтр – MEFM-39		
Вентилятор MEDA-5,5		

РОЗДІЛ 6

ЕНЕРГЕТИЧНЕ ТА МАТЕРІАЛЬНО-РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Продуктивність борошномельного заводу складає 240 т/доб., підприємство працює у дві зміни – 24 год/доб та 270 днів на рік.

У відповідності з проектом будівництва заводу електропостачання буде здійснюватися від двох окремих трансформаторних підстанцій, від двох незалежних джерел енергії основної та резервної кабельної лінії з напругою 10 кВ, а на електричних підстанціях буде встановлено по два силових трансформатори та конденсаторні установки для компенсації реактивної потужності.

Живлення силових установок та електроприводів робочих машин в цехах підприємства здійснюється трифазною системою напруг з номінальним значенням напруги 400/230 В 50 Гц, а мережа освітлення – однофазною напругою 230 В 50 Гц.

Задачею теперішнього розрахунку є визначення розрахункової потужності трансформаторної підстанції розмельного відділення заводу, вибір потужності силових трансформаторів та установок для компенсації реактивної потужності, а також переріз і тип кабелів системи внутрішнього електропостачання підприємства.

6.2 Визначення розрахункової активної потужності підприємства

Загальну розрахункову активну потужність електричної трансформаторної підстанції усієї секції А борошномельного заводу визначаємо методом питомого споживання електроенергії за формулою:

$$P_{PЗ} = \frac{W_{\text{ПІТ}} \cdot M_{\text{РГЧ}}}{T_{\text{МАХ}}}, \quad (6.1)$$

де $P_{PЗ}$ – розрахункова активна потужність підприємства, кВт;

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Гнилянський О.М				Розділ 6	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник	Волощенко О.С.						63	
Консультант	Штепа Є.П.					ОНТУ, ТЗХ-41		
Зав. кафедри	Жигунов Д.О.							

$W_{\text{ПИТ}}$ - питома витрата електроенергії для вироблення 1 т борошна складає:
 $W_{\text{ПИТ}} = 52 \dots 66 \text{ кВт год./т}$ [2, табл. Д. 1], приймаємо $W_{\text{ПИТ}} = 58 \text{ кВт} \cdot \text{год./т}$;
 $M_{\text{РГЧ}}$ – річна продуктивність підприємства,

$$M_{\text{РГЧ}} = M_{\text{ДОБ}} \cdot D_{\text{Р}} = 240 \cdot 260 = 62400 \text{ т}, \quad (6.2)$$

тут $M_{\text{ДОБ}}$ - добова продуктивність борошна на підприємстві, $M_{\text{ДОБ}} = 240 \text{ т/добу}$;

$D_{\text{Р}}$ - кількість робочих днів підприємства на протязі року, $D_{\text{Р}} = 270 \text{ днів}$;

$T_{\text{МАХ}}$ – кількість годин використання підприємством розрахункової активної потужності на протязі року:

$$T_{\text{МАХ}} = T_{\text{ДОБ}} \cdot D_{\text{Р}} = 24 \cdot 250 = 6000 \text{ год.},$$

тут $T_{\text{ДОБ}}$ - кількість годин використання підприємством розрахункових активних за добу, $T_{\text{ДОБ}} = 24 \text{ год.}$

Визначимо розрахункову активну потужність для підприємства:

$$P_{\text{РЗ}} = \frac{W_{\text{ПИТ}} \cdot M_{\text{РГЧ}}}{T_{\text{МАХ}}} = \frac{58 \cdot 62400}{6000} = 600 \text{ кВт.}$$

Визначимо розрахункову активну потужність на освітлення приміщень лампами розжарювання:

$$P_{\text{ОСВ}} = 0,1 \cdot P_{\text{Р}}, \quad (6.3)$$

Тоді:

$$P_{\text{ОСВ}} = 0,1 \cdot P_{\text{Р}} = 0,1 \cdot 600 = 60,0 \text{ кВт.}$$

6.2.1 Визначення розрахункової активної потужності розмельного відділення підприємства

Активна потужність розмелювального відділення борошномельного заводу складає 55...60% від загальної активної потужності всього підприємства.

Тоді:

$$P_{\text{Р}} = 0,6 \cdot P_{\text{РЗ}} = 0,6 \cdot 600 = 360 \text{ кВт.}$$

Визначимо розрахункову активну потужність на освітлення приміщень розмельного відділення лампами розжарювання зерноочисного відділення:

$$P_{\text{осв}} = 0,1 \cdot P_p, \quad (6.3)$$

Тоді:

$$P_{\text{осв}} = 0,1 \cdot P_p = 0,1 \cdot 360 = 36,0 \text{ кВт.}$$

6.3 Розрахунок повної потужності трансформаторної підстанції розмельного відділення борошномельного заводу з урахуванням компенсації реактивної потужності

Повна потужність трансформаторної підстанції з урахуванням компенсації реактивної потужності визначається за формулою:

$$S_{\text{ТП}} = \sqrt{(P_p + P_{\text{осв}})^2 + (Q_p - Q_{\text{кном}})^2}, \quad (6.4)$$

де Q_p – розрахункова реактивна потужність приймачів:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (6.5)$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ – коефіцієнт реактивної потужності, який знаходять по середньозваженому коефіцієнту потужності $\cos \varphi$ підприємства:

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}(\arccos \varphi), \quad (6.6)$$

для борошномельного заводу [2, табл. Д. 2] $\cos \varphi = 0,85$,

тоді:

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}(\arccos 0,85)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}(\arccos 0,85) = 0,62,$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 360 \cdot 0,62 = 223,2 \text{ квар.}$$

Потужність пристроїв для компенсації реактивної потужності визначають за формулою:

$$Q_K = Q_p - Q_E, \quad (6.7)$$

де Q_E – оптимальна реактивна потужність підприємства, яка задається енергосистемою РЕС та звичайно складає:

$$Q_E = 0,3 \cdot (P_p + P_{\text{осв}}). \quad (6.8)$$

Тоді оптимальна реактивна потужність підприємства Q_K що проектується:

$$Q_E = 0,3 \cdot (360 + 36) = 118,8 \text{ квар,}$$

$$Q_K = Q_P - Q_E = 223,2 - 118,8 = 104,4 \text{ квар.}$$

Вибираємо потужність, тип та кількість пристроїв для компенсації реактивної потужності [2, табл. Д. 3] за умовою:

$$Q_{\text{КНОМ}} = n \cdot Q_{\text{НОМ}} \geq Q_K, \quad (6.9)$$

де $Q_{\text{КНОМ}}$ – сумарна потужність пристроїв для компенсації реактивної потужності;

n – кількість пристроїв для компенсації реактивної потужності, $n = 2$;

$Q_{\text{НОМ}}$ – номінальна потужність кожного пристрою, $Q_{\text{НОМ}} = 67 \text{ квар.}$

Таблиця 6.1 - Технічні дані конденсаторних компенсувальних установок

Тип	Номінальна напруга $U_{\text{НОМ}}, \text{кВ}$	Номінальна потужність $Q_{\text{НОМ}}, \text{квар}$	Номінальна ємність $C_{\text{НОМ}}, \text{мкФ}$	Число ступенів регулювання	Маса, кг
КСК2-0,4- 67-3У3	0,4	67	487	1	60

Сумарна потужність пристроїв для компенсації реактивної потужності складає:

$$Q_{\text{КНОМ}} = n \cdot Q_{\text{НОМ}} = 2 \cdot 67 \text{ квар} = 134 \text{ квар} > Q_K = 104,4 \text{ квар,}$$

тобто, умова (6.9) виконується.

Повна потужність трансформаторної підстанції складає:

$$S_{\text{ТП}} = \sqrt{(P_P + P_{\text{осв}})^2 + (Q_P - Q_{\text{КНОМ}})^2} = \sqrt{(360 + 36)^2 + (223,2 - 134)^2} = 414,9 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Потужність одного трансформатора $S_{\text{ТР}}$ повинна забезпечувати навантаження не менше 60...80% повної потужності ТП $S_{\text{ТП}}$ і складає:

$$S_{\text{ТР}} = (0,60 \dots 0,80) \cdot S_{\text{ТП}}, \quad (6.10)$$

тоді:

$$S_{\text{ТР}} = 0,70 \cdot 414,9 = 290,5 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Вибираємо тип та потужність силового трансформатора [2, табл. Д. 4] з умови:

$$S_{\text{НОМ}} \geq S_{\text{ТР}}, \quad (6.11)$$

де $S_{\text{ном}}$ – номінальна повна потужність трансформатора, кВ·А.

Таблиця 6.2 - Технічні дані силових трансформаторів

Тип	Номінальна потужність $S_{\text{ном}}$, кВ·А	Номінальна напруга, кВ		Струм холостого ходу, Іх%,	Втрати потужності, кВт		Напруга короткого замикання, Uk%
		Первинна, $U_{\text{ном}}$	Вторинна, $U_{2\text{ном}}$		холостого ходу, Рх	короткого замикання, Рк	
ТМ400/10	400	10	0,4	2,1	1,05	5,50	4,5

Тоді:

$$S_{\text{ном}} = 400 \text{ кВ} \cdot \text{А} \geq S_{\text{тр}} = 290,5 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

тобто умова (6.11) виконується.

6.4 Перевірка потужності трансформаторів з урахуванням їх перевантажувальної здатності

Використовуючи графік добового навантаження борошномельного заводу [2, табл. Д. 5], визначимо коефіцієнт завантаження трансформаторів:

$$K_{\text{зт}} = \frac{\sum S_i \cdot t_i}{24 \cdot 100}, \quad (6.12)$$

де $K_{\text{зт}}$ – коефіцієнт завантаження трансформаторів;

S_i – навантаження ТП на i -тій ділянці часу, %;

t_i – тривалість i -тої ділянки часу, годин.

Тоді:

$$K_{\text{зт}} = \frac{\sum S_i \cdot t_i}{24 \cdot 100} = \frac{20 \cdot 6 + 30 \cdot 2 + 100 \cdot 4 + 70 \cdot 2 + 80 \cdot 4 + 50 \cdot 6}{24 \cdot 100} = 0,65.$$

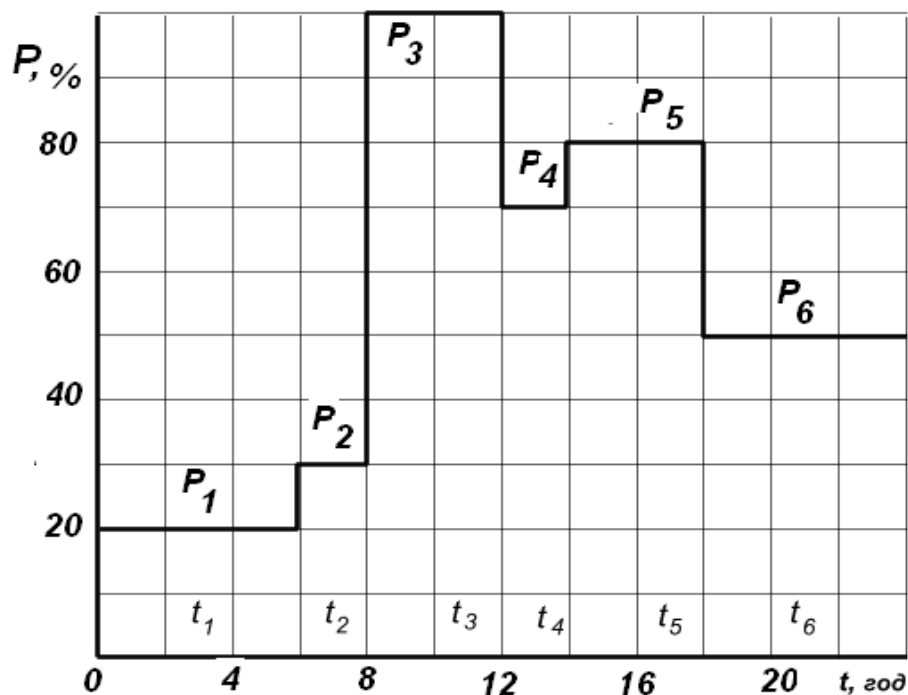


Рис. 6.1 - Графік добового навантаження борошномельного заводу.

Максимальна потужність навантаження борошномельного заводу складає на протязі першої зміни з 8 до 12 годин $t_{м1} = 4$ год., та для вечірньої зміни з 14 до 17 годин $t_{м2} = 3$ год., тоді загальна тривалість максимального навантаження за добу буде:

$$t_{м} = t_{м1} + t_{м2} = 4 + 3 = 7 \text{ год.}$$

За графіком допустимих силових перевантажень силового трансформатора рис. 6.2 [2, рис. 3.2], визначаємо коефіцієнт допустимих перевантажень трансформатора $K_{дп}$:

$$K_{дп} = 1,14 \text{ при } K_{зт} = 0,65 \text{ та } t_{м} = 7 \text{ год.}$$

Потужність кожного із двох трансформаторів з урахуванням їх перевантажень складає:

$$S_{тр} \geq \frac{S_{тп}}{2 \cdot K_{дп}}, \quad (6.13)$$

де $S_{тп}$ – повна розрахункова потужність трансформаторної підстанції, кВ А;

$K_{дп}$ – коефіцієнт додаткового перевантаження трансформаторів.

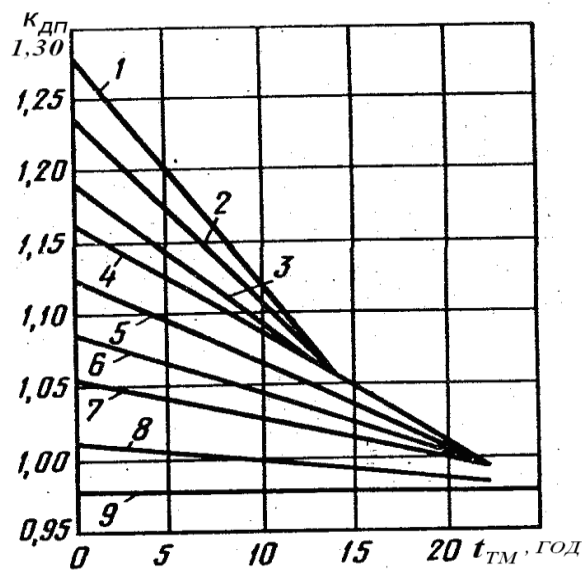


Рис. 6.2 - Графік допустимих перевантажень силових трансформаторів для $K_{ЗТ}$:

1 - 0,60; 2 - 0,65; 3 - 0,70; 4 - 0,75; 5 - 0,80; 6 - 0,85; 7 - 0,90; 8 - 0,95; 9 - 1,00.

Тоді:

$$S_{тр} \geq \frac{S_{тп}}{2 \cdot K_{дп}} = \frac{414,9}{2 \cdot 1,14} = 182,0 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Уточняємо тип та номінальну потужність трансформаторів з урахуванням їх перевантажувальної здатності з умови (6.11) $S_{тр} \geq S_{тр \text{ ном}}$ [2, табл. Д. 4].

Таблица 6.3 - Технические данные силовых трансформаторів

Тип	Номінальна потужність $S_{НОМ}$, кВ·А	Номінальна напряга, кВ		Струм холостого ходу, $I_x\%$	Втрати потужності, кВт		Напряга короткого замикання, $U_k\%$
		Первинна, $U_{1НОМ}$	Вторинна, $U_{2НОМ}$		холостого ходу, P_x	короткого замикання, P_k	
ТМ250/10	250	10	0,4	2,3	0,82	3,70	4,5

Таким чином, потужність кожного з трансформаторів може бути знижена від 400 кВ·А до 250 кВ·А.

6.5 Техніко-економічне порівняння роботи силових трансформаторів

Визначимо приведені втрати у трансформаторі за формулами:

$$P'_X = \Delta P_X + K_E \cdot \Delta Q_X, \quad (6.13)$$

$$P'_K = \Delta P_K + K_E \cdot \Delta Q_K, \quad (6.14)$$

де $\Delta P_X, \Delta P_K$ – втрати трансформатора у режимах Х.Х. та К.З. вибираємо з таблиці 4.3, кВт;

K_E – коефіцієнт економічного еквіваленту реактивної потужності, він залежить від потужності енергосистеми РЕС, та звичайно складає:

$$K_E = 0,05 \text{ кВт} / \text{квар};$$

ΔQ_X – реактивні втрати трансформатора у режимі Х.Х:

$$\Delta Q_X = \frac{S_{\text{НОМ}} \cdot I_X^{\%}}{100}; \quad (6.15)$$

ΔQ_K – реактивні втрати трансформатора у режимі К.З:

$$\Delta Q_K = \frac{S_{\text{НОМ}} \cdot U_X^{\%}}{100}; \quad (6.16)$$

тоді:

$$\Delta Q_X = \frac{S_{\text{НОМ}} \cdot I_X^{\%}}{100} = \frac{250 \cdot 2,3}{100} = 5,75 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_K = \frac{S_{\text{НОМ}} \cdot U_X^{\%}}{100} = \frac{250 \cdot 4,5}{100} = 11,25 \text{ кВт}.$$

$$P'_X = \Delta P_X + K_E \cdot \Delta Q_X = 0,82 + 0,05 \cdot 5,75 = 1,09 \text{ кВт},$$

$$P'_K = \Delta P_K + K_E \cdot \Delta Q_K = 3,70 + 0,05 \cdot 11,25 = 4,26 \text{ кВт}.$$

Потужність, при якій економічно виправдано відключати від паралельної роботи один з двох трансформаторів, визначають за формулою:

$$S_{\text{ЕК}} = S_{\text{НОМ}} \sqrt{2 \cdot \frac{P'_X}{P'_K}}, \quad (6.17)$$

де $S_{\text{НОМ}}$ – номінальна потужність одного трансформатора, кВт·А.

Тоді:

$$S_{\text{ЕК}} = S_{\text{НОМ}} \sqrt{2 \cdot \frac{P'_X}{P'_K}} = 250 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{1,09}{4,26}} = 178,8 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Коефіцієнт навантаження двох трансформаторів $m = 2$ при цьому складає:

$$S_{\%} = \frac{S_{\text{ЕК}}}{m \cdot S_{\text{НОМ}}} \cdot 100\%, \quad (6.18)$$

тоді:

$$S_{\%} = \frac{S_{\text{ЕК}}}{m \cdot S_{\text{НОМ}}} \cdot 100 = \frac{178,8}{2 \cdot 250} = 35,8\%.$$

Таким чином, при навантаженні підстанції менш ніж $S\% = 35,8\%$, один з трансформаторів можна відключити.

За графіком добового навантаження (рис. 6.1) робимо висновок, що на протязі доби один з двох трансформаторів можна відключити у перебігу $\sum t = 6$ годин, що складає:

$$\Delta T_{\text{max}\%} = \frac{\sum t}{24} \cdot 100\%, \quad (6.19)$$

тоді:

$$\Delta T_{\text{max}\%} = \frac{\sum t}{24} \cdot 100\% = \frac{6}{24} \cdot 100 = 25,0\%.$$

При цьому тривалість використання розрахункової активної потужності на протязі року зменшиться і складає:

$$T'_{\text{max}} = T_{\text{max}} \cdot \frac{100 - \Delta T_{\text{max}\%}}{100}, \quad (6.20)$$

тоді:

$$T'_{\text{max}} = T_{\text{max}} \cdot \frac{100 - \Delta T_{\text{max}\%}}{100} = 6000 \cdot \frac{100 - 25}{100} = 4500 \text{ год.},$$

де T_{max} – річний фонд годин роботи підприємства, для борошномельного заводу $T_{\text{max}} = 6000$ годин.

6.6 Вибір перерізу жил та марки кабелю

Визначаємо розрахунковий струм ТП до компенсації реактивної потужності:

$$I_p = \frac{1000 \cdot S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (6.21)$$

де S_p – повна розрахункова потужність ТП без урахування компенсації реактивної потужності, кВ·А:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{\text{осв}})^2 + Q_p^2}, \quad (6.22)$$

тоді:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{\text{осв}})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(360 + 36)^2 + 206,9^2} = 454 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

$$I_p = \frac{1000 \cdot S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1000 \cdot 454}{\sqrt{3} \cdot 380} = 686 \text{ А}.$$

Вибираємо кабель ВРГ- чотирижильний з мідними жилами і полівінілхлоридною ізоляцією, прокладений у землі. За таблицею [1, с. 315] знаходимо стандартний переріз жил кабелю:

$$S_k = 120 \text{ мм}^2, \text{ струм } I_{\text{доп}} = 385 \text{ А}.$$

Тоді кількість паралельних кабельних ліній m складає:

$$m = \frac{I_p}{I_{\text{доп}}} = \frac{686}{385} = 2,0 \text{ од.}$$

Перевіряємо вибраний переріз жил кабелю на допустиму втрату напруги:

$$\Delta U_{\text{р\%}} = \frac{10^5 \cdot (P_p + P_{\text{осв}})}{U_{\text{ном}}^2} \cdot R_{\text{л}}, \quad (6.23)$$

$$R_{\text{л}} = \rho \cdot \frac{L}{S_3}, \quad (6.24)$$

де ρ – питомий погонний опір міді, $\rho = 0,018 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$;

L – довжина кабелю, $L = 120 \text{ м}$;

S_3 – загальний переріз жил паралельних кабелів:

$$S_3 = S_k \cdot m = 120 \cdot 2 = 240 \text{ мм}^2.$$

Тоді:

$$R_{\text{л}} = \rho \cdot \frac{L}{S_3} = 0,018 \cdot \frac{120}{240} = 0,009 \text{ Ом},$$

$$\Delta U_{p\%} = \frac{10^5 \cdot (P_p + P_{осв})}{U_{ном}^2} \cdot R_{л} = \frac{10^5 \cdot (360 + 36)}{380^2} \cdot 0,009 = 2,5\% .$$

Допустима втрата напруги в кабельній лінії складає $\Delta U_{доп\%} = 5,0\%$, тоді умова $\Delta U_{доп\%} \geq \Delta U_{p\%}$ виконується:

$$\Delta U_{доп\%} = 5,0\% \geq \Delta U_{p\%} = 2,5\% .$$

Переріз жил кабелю обраний вірно.

6.7 Річні витрати і економія електроенергії та їх вартість для розмелювального відділення підприємства

Річна витрата електроенергії на виробництво продукції та освітлення розмельного відділення підприємства складає:

$$W_A = (P_p + P_{осв}) \cdot T_{max}, \quad (6.25)$$

$$W_A = (P_p + P_{осв}) \cdot T_{max} = (360 + 36) \cdot 6000 = 2376000 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Вартість електроенергії складає:

$$B_A = d_0 \cdot W_A, \quad (6.26)$$

де d_0 – тариф на електроенергію, $d_0 = 2,18 \text{ грн./кВт} \cdot \text{год}.$,

тоді:

$$B_A = 2,18 \cdot 2376000 = 5179680 \text{ грн}.$$

Розрахунки статей з економії електроенергії на підприємстві.

Розрахунковий струм лінії живлення ТП після компенсації реактивної потужності складає:

$$I'_p = \frac{1000 \cdot S_{ТП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1000 \cdot 414,9}{\sqrt{3} \cdot 380} = 626 \text{ А},$$

а струм лінії живлення зменшиться на:

$$I_{p\%} = \frac{I_p - I'_p}{I_p} = \frac{686 - 626}{686} \cdot 100 = 8,7\% .$$

що зменшить вартість втрат електроенергії в лінії живлення.

Втрати електроенергії в лінії живлення складають:

- до компенсації реактивної потужності навантаження підприємства:

$$W_{\text{л}} = 3 \cdot R_{\text{л}} \cdot I_{\text{р}}^2 \cdot T_{\text{мах}} \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0,009 \cdot 686^2 \cdot 6000 \cdot 10^{-3} \\ = 72237 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- після компенсації реактивної потужності навантаження підприємства:

$$W'_{\text{л}} = 3 \cdot R_{\text{л}} \cdot I_{\text{р}}'^2 \cdot T_{\text{мах}} \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0,009 \cdot 626^2 \cdot 6000 \cdot 10^{-3} \\ = 63484 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Втрати електроенергії у трансформаторах складають:

- при паралельній роботі двох трансформаторів у перебігу $T_{\text{мах}}$:

$$W_{\text{тр}} = 2 \cdot \Delta P'_{\text{к}} \cdot T_{\text{мах}} = 2 \cdot 4,26 \cdot 6000 = 51120 \text{ кВт} \cdot \text{год.},$$

- при паралельній роботі двох трансформаторів у перебігу $T'_{\text{мах}}$,

$$W'_{\text{тр}} = 2 \cdot \Delta P'_{\text{к}} \cdot T'_{\text{мах}} = 2 \cdot 4,26 \cdot 4500 = 38340 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії на освітлення складають:

- для ламп розжарювання:

$$W_{\text{осв}} = k \cdot q \cdot P_{\text{р}} \cdot T_{\text{мах}} = 0,65 \cdot 0,10 \cdot 360 \cdot 6000 = 140400 \text{ кВт} \cdot \text{год.},$$

- для люмінесцентних ламп:

$$W'_{\text{осв}} = k \cdot q' \cdot P_{\text{р}} \cdot T_{\text{мах}} = 0,65 \cdot 0,04 \cdot 360 \cdot 6000 = 56160 \text{ кВт} \cdot \text{год.},$$

де k – коефіцієнт перерахунку добового споживання електроенергії для освітлення з рахунком тривалості світового дня, $k = 0,60 \dots 0,70$;

q, q' - коефіцієнти, для ламп розжарювання $q = 0,1$; для люмінесцентних ламп

– у залежності від їх типу [4, Дод. 5], $q' = 0,035 \dots 0,06$.

Результати розрахунків по економії електроенергії зведені у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 - Витрати та економія електроенергії

Споживачі	Втрати електроенергії, кВт·год.		Економія електроенергії, кВт·год.
	До впровадження заходів по економії	Після впровадження заходів по економії	
Кабельна лінія	$W_{\text{л}} = 72237$	$W'_{\text{л}} = 63484$	$\Delta W_{\text{л}} = 8753$
Трансформатори	$W_{\text{тр}} = 51120$	$W'_{\text{тр}} = 38340$	$\Delta W_{\text{тр}} = 12780$
Освітлення	$W_{\text{осв}} = 140400$	$W'_{\text{осв}} = 56120$	$\Delta W_{\text{осв}} = 82240$
Всього			$\Delta W = 105773$

Загальна річна економія електроенергії в розмелювальному відділенні підприємства за розрахунками складає $\Delta W = 105773$ кВт·год., а річна вартість заощадженої електроенергії дорівнює:

$$\Delta B_A = d_0 \cdot \Delta W = 2,18 \cdot 105773 = 230585 \text{ грн.},$$

що складає:

$$\Delta B_{\%} = \frac{\Delta B_A}{B_A} \cdot 100\% = \frac{230585}{5179680} \cdot 100 = 4,5\%$$

від річної вартості електроенергії $\Delta B_A = 230585$ грн.

Висновки

1. Розрахункова повна потужність електричної підстанції розмельного відділення борошномельного заводу складає $S_{ТП} = 414,93$ кВ·А, яку можливо забезпечити двома силовими трансформаторами типу ТМ250/10-0,4 з номінальною потужністю кожного $S_{НОМ} = 250$ кВ·А.

2. Компенсацію реактивної потужності розмельного відділення можливо здійснювати двома конденсаторними установками КМП2-0,4-26-2У3 з номінальною реактивною потужністю кожної $Q_{НОМ} = 67$ квар.

3. Впроваджені заходи до компенсації реактивної потужності, зниження номінальної потужності силових трансформаторів та відключення їх в години зниження споживання електроенергії на підприємстві, вибору раціонального перерізу жил кабельних ліній живлення та заміна ламп розжарювання на люмінесцентні енергозберігаючі лампи. Ці заходи дають щорічну економію електроенергії на суму $\Delta B_A = 230585$ грн/рік, що складає $\Delta B_{\%} = 4,6\%$ від річної вартості електроенергії, яка складає $B_A = 5179680$.

РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

7.1 Програма виробничої діяльності (наведено в ТЕО та приймається без змін).

7.2. Інвестиційні витрати (наведено в ТЕО та приймається без змін).

7.3. Чисельність працівників та фонд оплати праці

Визначимо спочатку чисельність (по розстановці) основних технологічних робітників виходячи з норм обслуговування технологічного устаткування (табл. 7.1).

Таблиця 7.1. Чисельність основних виробничих працівників

Устаткування	Норма обслуговування, чол.	Кількість устаткування	Чисельність персоналу, чол.
Вальцовий станок	0,25	2,25	0,25
Вальцовий верстат	0,15	0,6	0,15
Розсійник	0,2	1	0,2
Розсійник	0,3	0,3	0,3
Ситовіальна машина	0,2	0,8	0,2
Радіально-бичова машина	0,15	0,45	0,15
Ентолейтор	0,2	0,6	0,2
Разом			6

Таким чином, розрахункова чисельність працівників складатиме 6 працівників у зміну. З урахуванням кількості змін, а саме 3 (за схемою «день-ніч-«відсипна»), загальна чисельність основних виробничих робітників складе 18 осіб. Для роботи підприємства окрім основних робітників потрібні також допоміжні робітники, спеціалісти, службовці та керівники. В середньому чисельність допоміжних робітників складає 30 % від чисельності основних.

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.1								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розробив		Гнилянський О.М.			Розділ 7			Літ		Аркуш		Аркушів	
Керівник		Волошенко О.С.								76			
								ОНТУ, ТЗХ-41					
Консультант		Басюркіна Н.Й.											
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.											

Тоді чисельність допоміжних робітників складе $18 \cdot 30\% / 100\% = 5,4$ осіб (приймаємо 5 осіб). Таким чином, загальна кількість робітників складе $Ч_{роб} = 18 + 5 = 23$ особи.

Кількість спеціалісти, службовців та керівників в середньому складає 20% в загальній чисельності.

Таким чином, загальна чисельність персоналу складе: $23 / (1 - 0,2) = 29$ чол.

Кількість спеціалістів, службовців та керівників ($Ч_{сск}$) складе $29 - 23 = 6$ осіб.

Фонд оплати праці розрахуємо (табл. 7.2) на основі планової основної заробітної плати (ЗП) для робітників по 10 тис грн/міс, для спеціалістів, службовців та керівників по 15 тис. грн/міс.

$$ФОП = ЗП * 12 * Ч * К_{доп} * К_{пр},$$

де ЗП – основна заробітна плата;

$К_{доп}$ – коефіцієнт доплат (приймаємо $К_{доп} 1,15$);

$К_{пр}$ – коефіцієнт премій (приймаємо $К_{пр} 1,20$)

Таблиця 7.2. Розрахунок фонду оплати праці на підприємстві

Персонал	Чисель- ність	ЗП, тис. грн/міс	Основна ЗП за рік, тис. грн.	Доплата, тис. грн	Премія, тис. грн.	Разом
Основні робітники	18	10	2160	324	432	2916
Допоміжні робітники	5	10	600	90	120	810
Керівники, спеціалісти, службовці	6	15	1080	162	216	1458
Всього	29					5184

Таким чином, загальний фонд оплати праці складе 5184 тис. грн, в тому числі по основним робітникам 2916 тис. грн, допоміжним 810 тис. грн.

Визначимо показник продуктивності праці, який характеризує ефективність роботи працівників на підприємстві:

$$ПП = \frac{ФП}{Ч},$$

де РП – обсяг реалізованої продукції, визначений в ТЕО;

Ч – чисельність персоналу:

$$\text{ПП} = \frac{384707,9}{29} = 13265,8 \text{ тис. грн.}$$

7.4. Собівартість продукції, прибуток і рентабельність

Розрахунки собівартості продукції

Повну собівартість продукції визначають за такими калькуляційними статтями:

-сировина і основні матеріали;

-допоміжні матеріали;

-енергія;

-основна і додаткова заробітна плата;

-відрахування на соціальні заходи;

-амортизація обладнання;

-інші прямі витрати;

-загальновиробничі витрати;

виробнича собівартість (витрати на виробництво продукції)

-адміністративні витрати;

-витрати на збут;

-інші витрати основної діяльності;

повна собівартість (загальні витрати)

Визначення витрат за калькуляційними статтями.

Витрати на сировину і основні матеріали

Витрати на сировину включають вартість пшениці і витрати на її отримання.

Вартість зерна (Вз) визначається за формулою:

$$\text{Вз} = \text{Цз,с} \times \text{Qз},$$

де Цз,с – середня оптова ринкова ціна пшениці, грн/т;

Qз – річний обсяг переробки зерна, тонн;

Середньорічна оптова ринкова ціна зерна пшениці в Одеському регіоні складає 5000 грн за тонну.

$$\text{Вз} = 5000 \times 58320 / 1000 = 291600 \text{ тис грн}$$

Допоміжні матеріали

Дана стаття включає витрати на всі види допоміжних матеріалів, які фізично не включаються до складу готової продукції, але є технологічно необхідними для забезпечення нормального технологічного процесу при її виготовленні.

З огляду на неможливість визначити дану статтю прямим шляхом (через норми витрат допоміжних матеріалів та ціни на них) витрати на допоміжні матеріали визначимо укрупнено на основі в обсязі 1,5% від витрат на сировину:

$$В_{\text{дм}} = 291600 * 0,015 = 4374,0 \text{ тис. грн.}$$

Енергія

У дану статтю включають сумарні витрати на електроенергію (95%) та воду (5%), які використовуються на технологічні потреби.

Витрати на електроенергію визначають за формулою

$$В_{\text{ел}} = \text{Тел} \times \text{Нел}_1 \times \Phi,$$

де Тел - тариф за електроенергію (4,32 грн/кВт*год);

Нел₁ – потреби в електроенергії на 1 годину відповідно до виконаних розрахунків;

Φ – річний фонд роботи підприємства.

В таблиці 7.3 визначимо Нел₁.

Таблиця 7.3. Розрахунок потреби в електроенергії на 1 годину

Устаткування	Кількість	Паспортна потужність, кВт/год	Загальне споживання, кВт/год
Вальцовий верстат	9	10	90
Вальцовий верстат (8ми вальцовий)	4	8	32
Розсійник	5	5	25
Розсійник	1	5	5
Ситовіальна машина	4	6	24
Радіально-бичова машина	3	10	30
Ентолейтор	3	3	9
Разом			215

Відповідно до розрахунків щодо потреб в електроенергії для функціонування робочих машин, витрати на електроенергію складуть:

$$\text{Вел} = 4,32 * 215 * 270 * 24 / 1000 = 2340,6 \text{ тис грн.}$$

Загальні витрати на енергію (з урахуванням того, що витрати на електроенергію складають 95% в загальних витратах) складуть:

$$\text{Вен} = 2340,6 / 0,95 = 2463,8 \text{ тис. грн.}$$

Заробітна плата

Дані витрати складаються з витрат по оплаті праці основних робітників (табл. 7.1). Оплата праці інших категорій персоналу відноситься до таких витрат, як загальновиробничі та адміністративні.

Отже, дана стаття витрат складе 2916 тис. грн.

Відрахування на соціальні заходи (Всф)

Дані стаття витрат складає 22% від витрат на оплату праці:

$$\text{Всф} = 2916 * 0,22 = 641,5 \text{ тис. грн.}$$

Амортизація обладнання

Амортизаційні відрахування (А) розраховують за формулою

$$\text{Аобл} = \text{ОВФ} * \text{На},$$

де ОВФ - вартість основних виробничих фондів;

На - норма амортизаційних відрахувань (обладнання - 20%, тобто 0,2, виробничих приміщень та будівель 5%, тобто 0,05).

$$\text{А} = 19593,2 * 0,2 + 55814,4 * 0,05 = 6709,4 \text{ тис. грн.}$$

Інші прямі витрати

Статтю «Інші прямі витрати» (Він) визначимо у розмірі 10% від суми усіх попередньо визначених витрат (окрім сировини).

$$\text{Він} = 0,1 * (4374,0 + 2463,8 + 2916 + 641,5 + 6709,4) = 1710,5 \text{ тис грн}$$

Загальновиробничі витрати

Статтю «Загальновиробничі витрати» (Взв) визначимо у розмірі 30% від суми усіх попередньо визначених витрат (окрім сировини).

$$\text{Взв} = 0,3 * (4374,0 + 2463,8 + 2916 + 641,5 + 6709,4 + 1710,5) = 5644,5 \text{ тис грн}$$

Виробнича собівартість

Виробничу собівартість розрахуємо як суму усіх попередніх витрат (включаючи сировину).

$$\text{Свир} = 291600 + 4374,0 + 2463,8 + 2916 + 641,5 + 6709,4 + 1710,5 + 5644,5 = 316059,6 \text{ тис. грн.}$$

Адміністративні витрати, витрати на збут, інші операційні витрати

Статті «Адміністративні витрати» (Вадм), «витрати на збут» (Взб) та інші операційні витрати (Він оп) як комплексні визначимо у розмірі 10%, 5%, 10% від суми усіх попередньо визначених витрат (окрім сировини).

Адміністративні витрати

$$\text{В адм} = 0,1 * (4374,0 + 2463,8 + 2916 + 641,5 + 6709,4 + 1710,5 + 5644,5) = 2446,0 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на збут

$$\text{В зб} = 0,05 * (4374,0 + 2463,8 + 2916 + 641,5 + 6709,4 + 1710,5 + 5644,5) = 1223,0 \text{ тис. грн.}$$

Інші операційні витрати

$$\text{Він оп} = 0,1 * (4374,0 + 2463,8 + 2916 + 641,5 + 6709,4 + 1710,5 + 5644,5) = 2446,0 \text{ тис. грн.}$$

Оскільки проектом передбачено використання позикових коштів в розмірі 53733,3 тис. грн, до складу повної собівартості продукції мають бути включені відсотки за користування кредитом. Заплануємо виплати відсотків за кредитом виходячи з середньої відсоткової ставки в розмірі 20% річних:

$$\text{Вкредит} = 53733,3 * 0,2 = 10746,7 \text{ тис. грн.}$$

Повна собівартість

Загальні витрати або повну собівартість розрахуємо як суму усіх витрат, визначених вище (в т.ч. витрат на сировину).

$$\text{Сп} = 291600 + 4374,0 + 2463,8 + 2916 + 641,5 + 6709,4 + 1710,5 + 5644,5 + 2446,0 + 1223,0 + 2446,0 + 10746,7 = 332921,2 \text{ тис. грн.}$$

В таблиці 7.4 згрупуємо усі статі витрат, які включаються до собівартості продукції.

Таблиця 7.4.Зведені витрати на виробництво продукції (повна собівартість продукції)

Статті витрат	Сума витрат, тис грн
Сировина і основні матеріали	291600,0
Допоміжні матеріали	4374,0
Енергія	2463,8
Основна і додаткова заробітна плата	2916,0
Відрахування на соціальні заходи	641,5
Амортизація обладнання	6709,4
Інші прямі витрати	1710,5
Загальновиробничі витрати	5644,5
Виробнича собівартість	316059,6
Адміністративні витрати	2446,0
Витрати на збут	1223,0
Інші витрати основної діяльності	2446,0
Відсотки за кредитом	10746,7
Повна собівартість	332921,2

Прибуток

Прибуток (П) розраховується як різниця між доходами від реалізації продукції (РП) та повною собівартістю продукції (Сп).

$$П = 384707,9 - 332921,2 = 51786,7 \text{ тис. грн.}$$

Розрахуємо рентабельність продукції – показник який характеризує прибутковість виробництва продукції і показує скільки прибутку підприємство отримує з кожної витраченої грошової одиниці.

$$R = \frac{П}{Сп} \times 100\%$$

$$R = \frac{51786,7}{332921,2} \times 100\% = 15,56\%$$

Розрахуємо чистий прибуток (ЧП) – прибуток, який залишається після сплати податку на прибуток (18%):

$$ЧП = 51786,7 - 51786,7 \times 0,18 = 42465,1 \text{ тис. грн.}$$

7.5. Фінансова та економічна оцінка проекту

Економічна оцінка проекту виконується за такими показниками:

– строк окупності інвестицій (Ток),

– чиста приведена вартість проекту (ЧПВ).

При виконанні розрахунків прийнято такі вихідні дані.

1) Ставку дисконтування прийнято на рівні 18% (0,18).

2) Акциз і експортне мито відсутні.

3) Продаж проекту не передбачається.

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

Для кредитування інвестицій приймаються такі умови:

1) Процентна ставка по кредиту 20% у рік.

2) На погашення кредиту використовуються усі вільні кошти.

Розрахунки прибутку, податків і вільних грошових коштів наведені у таблиці 7.5.

Таблиця 7.5.Розрахунки прибутку, податків і вільних грошових коштів

Показники	Роки		
	1	2	3
Надходження коштів	384707,9	384707,9	384707,9
Амортизаційні відрахування	6709,4	6709,4	6709,4
Проценти за кредит	10746,7	911,8	0,0
Експлуатаційні витрати	326211,9	316377,0	305630,3
Балансовий прибуток (з урахуванням сплати процентів за кредит)	51786,7	60709,8	72368,2
Податок на прибуток	9321,6	10927,8	13026,3
Чистий прибуток	42465,1	49782,0	59341,9
Чистий прибуток, що залишається на підприємстві		45223,2	59341,9
Вільні грошові кошти	49174,4	51932,5	66051,3

Графік повернення кредиту і сплати процентів по кредиту наведено у таблиці 7.6.

Таблиця 7.6.Графік повернення кредиту і сплати процентів по кредиту

Показники	Роки	
	1	2
Борг на початок року	53733,3	4558,9
Погашення кредиту	49174,4	4558,9
Борг на кінець року	4558,9	0
Проценти за кредит	10746,7	911,8

Строк повернення кредиту – 1,1 року ($1 + 4558,9/51932,5$).

Розрахунок чистої приведеної вартості та строку окупності проекту наведено у таблиці 7.7.

Таблиця 7.7. Розрахунок чистої приведеної вартості та строку окупності проекту

Показник ($1 + 0,18$) ⁱ	Роки		
	1	2	3
Вільні кошти (приріст чистого прибутку та приріст амортизації, тис грн	49174,4	51932,5	66051,3
Дисконтована величина вільних грошових коштів, тис грн	41673,2	37297,1	40200,9
Чиста приведена вартість проекту, тис грн	-65793,3	-28496,2	11704,6

Чиста приведена вартість інвестиційного проекту на кінець 3-го року складає 11704,6 тис. грн.

Строк окупності проекту (з урахуванням зміни вартості грошей у часі) складе:

$$T_{\text{дис}} = 2 + 28496,2 / 40200,9 = 2,7 \text{ року.}$$

Основні техніко-економічні показники підприємства та проекту наведені у таблиці 7.8.

Таблиця 7.8. Основні техніко-економічні показники підприємства та інвестиційного проекту

Показник	Значення
1. Добова потужність підприємства, тонн	240
2. Обсяги переробки зерна, тонн	58320
в т.ч. власних ресурсів	58320
Ресурсів клієнтів	0
3. Обсяг продаж (реалізації), тис. грн	384707,9
4. Виробництво продукції з власних ресурсів, %	100
тонн	56628,7
5. Повна собівартість, тис. грн	332921,2
6. Прибуток, тис. грн	51786,7
7. Чисельність працівників, тис. грн	29
8. Фонд оплати праці, тис. грн.	5184,0
9. Середньомісячна заробітна плата, грн	14897
10. Продуктивність праці, тис. грн/особу	13265,8

11. Вартість основних виробничих фондів, тис. грн	75407,6
12. Оборотні кошти, тис. грн.	32059,0
13. Рентабельність продукції та послуг, %	15,6
14. Рентабельність виробництва, %	48,2
15. Інвестиції, тис. грн	107466,6
в т.ч. в основні виробничі засоби	75407,6
в оборотні кошти	32059,0
16. Термін окупності інвестицій, років	2,7
17. Чиста приведена вартість проекту за 3 роки, тис. грн	11704,6
18. Термін повернення кредиту, років	1,1

Проєкт впровадження технології переробки зерна пшениці у сортове борошно з удосконаленою структурою етапу крупоутворення продуктивністю 240 тонн на добу є доцільним та ефективним. Термін окупності інвестицій складає 2,7 року, наприкінці 3-го року чиста приведена вартість проекту стає позитивною і дорівнюватиме 11704,6 тис. грн., кредитні ресурси, які плануються залучити для реалізації проєкту мають бути погашені за 1,1 року.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У кваліфікаційній роботі на тему «Проект млина з модернізованим технологічним процесом сортового помелу зерна пшениці» представлено проект борошномельного заводу з удосконаленою структурою етапу крупоутворення.

Передбачено ефективну комплексну механізацію трудомістких процесів і автоматизацію; раціональне використання виробничих площ при розміщенні устаткування з урахуванням вимог діючих норм і правил техніки безпеки і виробничої санітарії для підприємств системи хлібопродуктів.

Сортовий помел зерна пшениці є найбільш складним та капіталомістким процесом у борошномельному виробництві. Він передбачає багатоступінчасте розмелювання зерна з послідовним відокремленням ендосперму від оболонок та зародка, що дозволяє отримувати борошно різних сортів з різними технологічними властивостями. Ключовим обладнанням у процесі сортового помелу є вальцьові верстати, які забезпечують подрібнення зерна та проміжних продуктів розмелювання.

У проекті реалізується скорочена за рахунок використання сучасного технологічного обладнання схема (а саме за рахунок встановлення восьмивальцьових верстатів на I+II др.с. та 1+2р.с.) переробки зерна пшениці у сортове борошно. Запроектована схема дозволяє отримати 75 % борошна, з них 58 % - вищого сорту, 12% - першого сорту та 5 % - другого сорту.

Використання восьмивальцьових верстатів є оптимальним рішенням для борошномельних заводів середньої продуктивності при сортових помелах пшениці. Така конфігурація забезпечує баланс між продуктивністю, вартістю обладнання та якістю кінцевої продукції.

					КРБ.ТЗПХіКВ.1.511-03.І.1.1				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ				
Розробив		Гнилянський О.М.							
Керівник		Волошенко О.С.							
Консультант									
Зав. кафедри		Жигунов Д.О.			ОНТУ, ТЗХ-41				
					Літ	Аркуш	Аркушів		
						86			

Проект впровадження технології переробки зерна пшениці у сортове борошно з удосконаленою структурою етапу крупоутворення продуктивністю 240 тонн на добу є доцільним та ефективним. Термін окупності інвестицій складе 2,7 року.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 3768:2019 "Пшениця. Технічні умови".
2. Жигунов Д.О., Волошенко О.С. Технологія та оцінка якості зернових продуктів . – Одеса : Видавництво ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. – 364 с.
3. Мерко І.Т. Наукові основи і технологія переробки зерна: підручник для студ. вищ. навч. закладів / І.Т. Мерко, В.О. Моргун. – Одеса: Друк, 2001. – 348 с
4. Мерко І.Т. Технології борошномельного і круп'яного виробництва: підручник для студ. вищ. навч. закладів / – Одеса: Друк, 2010. – 472 с.
5. «Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах» / Міністерство Агропромислового Комплексу. – 1998.
6. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту [Електронний ресурс] : для здобувачів освіти зі спец. 181 "Харчові технології", галузі знань 18 "Виробництво та технології", ден. та заоч. форм навчання / Д. О. Жигунов, О. С. Волошенко ; відп. за вип. Д. О. Жигунов ; Каф. технології переробки зерна. — Одеса : ОНАХТ, 2021. — 26 с.
7. Єремєєва О. А., Харченко Є. І., Любич В. В. Технологічні процеси переробки зерна пшениці в борошно: монографія. Умань, 2021. 160 с.
8. Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту «Електрозабезпечення та енергозбереження» для студентів технологічних спеціальностей / Укладачі: А.А. Галіулін, Є.П. Штепа. – Одеса: ОНАХТ, 2020. - 15 с.
9. Конспект лекцій з освітнього компонента "Науково-практичні основи технології зернових продуктів" [Електронний ресурс] : для здобувачів першого рівня вищої освіти СВО "Бакалавр", спец. G13 (181) "Харчові технології", галузі знань G "Інженерія, виробництво та будівництво" (18 "Виробництво та технології"), ОПП "Технології зберігання і переробки зерна", ден. та заоч. форм навч. / Д. О. Жигунов, О. С. Волошенко ; відп. за

вип. Д. О. Жигунов ;Каф. технології зернових продуктів, хліба і кондитерських виробів. — Одеса : ОНТУ, 2026. — 54 с.

10. Конспект лекцій з освітнього компонента "Контроль якості, безпека та екологія в галузі (НАССР і GMP)" [Електронний ресурс] : для здобувачів вищ. освіти зі спец. 181 "Харчові технології" галузь знань 18 "Виробництво та технології", ден. та заоч. форм навчання / О. С. Волошенко, Н. В. Хоренжий ; відп. за вип. Д. О. Жигунов ;Каф. технології зернових продуктів, хліба і кондитерських виробів. — Одеса : ОНТУ, 2024. — 72 с.

11. Інновації в зернових технологіях [Текст] : навч. посіб. / Є. І. Харченко, А. В. Шаран, Т. І. Янюк, О. Ю. Супрун-Крестова. — Одеса : Олді+, 2024. — 202 с.

12. Офіційний веб-портал інформаційно-аналітичного агентства «АПК-Інформ» <https://www.apk-inform.com/uk>

13. Офіційний веб-портал Спілки «Борошномели України» <https://www.ukrmillers.com/>

14. Екологія і охорона навколишнього середовища [Текст] : навч. посіб. / Ю. Д. Бойчук, Е. М. Солошенко, О. В. Бугай. — Вид. 4-те, випр. і допов. — Суми : Унів. книга, 2023. — 316 с. — МОН.